

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-045004

(43)Date of publication of application : 14.02.2003

(51)Int.Cl.

G11B 5/02
G11B 11/10

(21)Application number : 2001-227475

(71)Applicant : FUJI XEROX CO LTD

(22)Date of filing : 27.07.2001

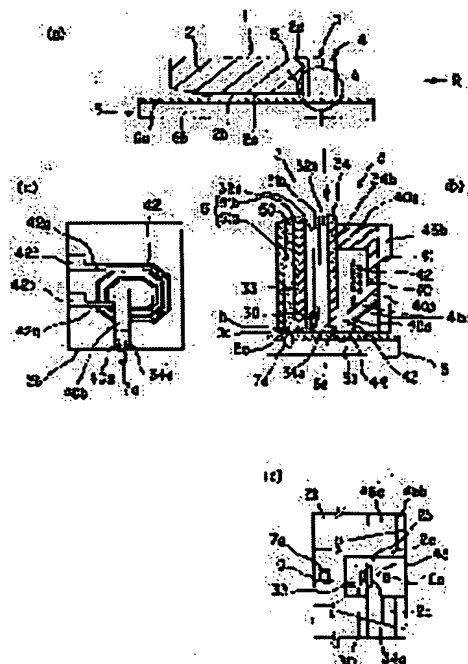
(72)Inventor : KAMIYANAGI KIICHI

(54) OPTICAL ASSIST MAGNETIC HEAD AND OPTICAL ASSIST MAGNETIC DISK DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical assist magnetic head and an optical assist magnetic disk device, wherein high-density recording is carried out, and light utilization efficiency and reliability are improved.

SOLUTION: This optical assist magnetic head 1 includes a metal film 11 disposed on the rear end surface of a float slider 2, which has an opening 11a for integrating a magneto-resistance sensor 3 and a thin film magnetic transducer 4 and micronizing a proximity field light in the emission end 5c of an optical waveguide 5. By the micronized proximity field light, the headed part of a magnetic recording layer 6a is micronized. By this heating, recording is carried out only in a part having a coercive force reduced by magnetic fluxes leaked from magnetic poles 34a, 40a. High-density light assist magnetic recording is carried out, and signal reproduction is carried out by the magneto-resistance sensor 3.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of

rejection]

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The surfacing slider which carries out surfacing transit by rotation of the disk which has a record medium, The optical waveguide which is prepared in said surfacing slider and carries out outgoing radiation of the laser beam from semiconductor laser from an outgoing radiation edge, An approaching space light micrifying means to micrify the approaching space light formed in said outgoing radiation edge of said optical waveguide of said laser beam from said semiconductor laser, to carry out outgoing radiation to said record medium, and to heat said record medium, The optical assistant magnetic head characterized by having the thin film MAG transducer which records information on the part of said record medium which was formed in said surfacing slider and heated by said approaching space light micrifying means.

[Claim 2] Said optical waveguide is the optical assistant magnetic head according to claim 1 characterized by establishing the condensing means into the optical path.

[Claim 3] Said optical waveguide is the optical assistant magnetic head according to claim 1 characterized by being formed with a photograph nick crystal.

[Claim 4] Said optical waveguide is the optical assistant magnetic head according to claim 1 characterized by having the tabular core to which it shows said laser beam, and the metal membrane formed in one [at least] field of said core.

[Claim 5] Said metal membrane is the optical assistant magnetic head according to claim 4 characterized by being the metal membrane of the pair formed in both sides of said core, and the metal membrane of said pair having an unsymmetrical configuration.

[Claim 6] Said metal membrane is the optical assistant magnetic head according to claim 4 characterized by forming with the metal which has high conductivity, such as Ag and aluminum.

[Claim 7] Said metal membrane is the optical assistant magnetic head according to claim 4 characterized by constituting a part of magnetic circuit of said thin film MAG transducer.

[Claim 8] Said optical waveguide is the optical assistant magnetic head according to claim 1 characterized by having the mirror which has the flection crooked at the predetermined include angle, is prepared in said flection, reflects an incidence laser beam, and carries out outgoing radiation from said outgoing radiation edge.

[Claim 9] Said mirror is the optical assistant magnetic head according to claim 8 characterized by having a condensing property.

[Claim 10] Said approaching space means forming is the optical assistant magnetic head according to claim 1 characterized by having minute opening formed by the metal membrane or the semi-conductor film, or opening of a doughnut mold.

[Claim 11] Said minute opening or said doughnut type of opening is the optical assistant magnetic head according to claim 10 characterized by filling up with the dielectric.

[Claim 12] Said minute opening or said doughnut type of opening is the optical assistant magnetic head according to claim 10 characterized by being formed in the shape of a rectangle.

[Claim 13] Said dielectric is the optical assistant magnetic head according to claim 11 characterized by

consisting of dielectrics which form the core or clad of said optical waveguide.

[Claim 14] Said approaching space means forming is the optical assistant magnetic head according to claim 1 characterized by having one piece or two or more minute pieces which were formed by the metal membrane or the semi-conductor film.

[Claim 15] Said minute piece is the optical assistant magnetic head according to claim 14 characterized by being formed in the front face of said outgoing radiation edge of said optical waveguide.

[Claim 16] Said minute piece is the optical assistant magnetic head according to claim 14 characterized by being embedded at said outgoing radiation edge of said optical waveguide.

[Claim 17] Said minute piece is the optical assistant magnetic head according to claim 14 characterized by being formed in the shape of a rectangle.

[Claim 18] The gap which said minute piece is formed from two minute pieces arranged by approaching, and said two minute pieces form is the optical assistant magnetic head according to claim 14 characterized by being formed so that a direction perpendicular to the gap may become parallel to the recording track of said record medium.

[Claim 19] The gap which said minute piece is formed from two minute pieces arranged by approaching, and said two minute pieces form is the optical assistant magnetic head according to claim 14 characterized by being formed so that a direction perpendicular to the gap may become perpendicular to the recording track of the record medium of said disk.

[Claim 20] Said two minute pieces arranged by approaching are the optical assistant magnetic head according to claim 18 characterized by being formed in the shape of [which makes the gap section top-most vertices, respectively] about 3 square shapes.

[Claim 21] The surfacing slider which carries out surfacing transit by rotation of the disk which has a record medium, The optical waveguide which is prepared in said surfacing slider, carries out outgoing radiation of the laser beam from semiconductor laser to said record medium from an outgoing radiation edge, and heats said record medium, It is prepared in said surfacing slider and has the thin film MAG transducer which records information on the part of said record medium heated by said laser beam by the field formed in the magnetic gap. Said magnetic gap is the optical assistant magnetic head characterized by being formed in the laser beam outgoing radiation location of said outgoing radiation edge of said optical waveguide, or its near.

[Claim 22] Said magnetic gap is the optical assistant magnetic head according to claim 21 characterized by serving as the gap for approaching space light generating.

[Claim 23] Said magnetic gap is the optical assistant magnetic head according to claim 21 characterized by being formed in the direction which crosses the recording track of said record medium.

[Claim 24] Said magnetic gap is the optical assistant magnetic head according to claim 21 characterized by being formed in the direction parallel to the recording track of said record medium.

[Claim 25] Said optical waveguide is the optical assistant magnetic head according to claim 21 characterized by carrying out sequential formation of said thin film MAG transducer and the magnetic-reluctance sensor which detects the record signal of said record medium on it.

[Claim 26] Said optical waveguide is the optical assistant magnetic head according to claim 21 characterized by carrying out sequential formation of said magnetic-reluctance sensor and said thin film MAG transducer on it.

[Claim 27] It is the optical assistant magnetic head according to claim 21 characterized by having the mirror which said semiconductor laser is prepared in said surfacing slider so that outgoing radiation of the laser beam may be carried out in parallel with said record medium, said optical waveguide makes reflect said laser beam from said semiconductor laser, and carries out outgoing radiation from said outgoing radiation edge.

[Claim 28] Said semiconductor laser is prepared in said surfacing slider so that outgoing radiation of the laser beam may be carried out in parallel with said record medium. Said optical waveguide The light guide line to which it shows said laser beam from said semiconductor laser, and the optical waveguide prepared so that said light guide line might be intersected, The optical assistant magnetic head according to claim 21 characterized by having the mirror which is prepared in the intersection of said light guide

line and said optical waveguide, reflects said laser beam guided by said light guide line, and carries out outgoing radiation from said outgoing radiation edge.

[Claim 29] Said light guide line is the optical assistant magnetic head according to claim 28 characterized by being an optical fiber.

[Claim 30] Said semiconductor laser is the optical assistant magnetic head according to claim 21 characterized by offering the minute metal body which has minute opening on an outgoing radiation side.

[Claim 31] The magnetic pole point which forms said magnetic gap is the optical assistant magnetic head according to claim 21 characterized by micrifying the approaching space light formed in said outgoing radiation edge of said optical waveguide of said laser beam from said semiconductor laser.

[Claim 32] In the optical assistant magnetic disk drive which scans the optical assistant magnetic head by the swing arm to the disk which has a record medium and rotates, and records information The surfacing slider in which said optical assistant magnetic head carries out surfacing transit by rotation of said disk, The optical waveguide which is prepared in said surfacing slider and carries out outgoing radiation of the laser beam from semiconductor laser from an outgoing radiation edge, An approaching space light micrifying means to micrify the approaching space light formed in said outgoing radiation edge of said optical waveguide of said laser beam from said semiconductor laser, to carry out outgoing radiation to said record medium, and to heat said record medium, The optical assistant magnetic disk drive characterized by having the thin film MAG transducer which records information on the part of said record medium which was formed in said surfacing slider and heated by said approaching space light micrifying means.

[Claim 33] It is the optical assistant magnetic disk drive according to claim 32 which semiconductor laser is prepared on the suspenders which connect said swing arm or said surfacing slider to said swing arm, and is characterized by said semiconductor laser being optically connected with said optical waveguide by the optical fiber.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] About the optical assistant magnetic head and a magnetic disk drive, high density record is possible for especially this invention, and it relates to the optical assistant magnetic head and the magnetic disk drive which raised efficiency for light utilization and dependability.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the recording density of a hard magnetic recording medium (HDD) is increasing at an annual rate of 100%, and has come to exceed 60Gbps in the experimental stage. However, from the difficulty of the constriction of the superparamagnetism effectiveness and the gap width of face of the magnetic head, the limitation of the recording density of HDD of a conventional type is in sight soon, and 100 - 300Gbps is called limitation. Moreover, optical assistant magnetic recording is expected as a thing exceeding the limitation.

[0003] Here, especially the superparamagnetism effectiveness is the phenomenon in which magnetization of an object magnetic domain is disturbed by the field which a contiguity magnetic domain forms, and recording information is lost. Although it is one means to use the big magnetic medium of magnetization in order to prevent this, it becomes impossible to record in the usual magnetic head. Optical assistant magnetic recording is proposed as a means to solve it. This is the approach of recording in the place which heated the record medium to near Curie temperature by the exposure of a laser beam, and lowered the magnetization.

[0004] In this optical assistant magnetic recording, since it becomes recordable [width of face narrower than the width of face of a magnetic gap] by making the diameter of a spot of a laser beam small since only the place heated by the laser beam is recorded, it is suitable for a raise in recording density. In order to attain the recording density of 100 or more Gbps, it is necessary to set the width of recording track to 0.1 micrometers or less. In order to obtain the optical spot of this size, use of approaching space light becomes indispensable. As conventional optical assistant magnetic recording and reproducing head using this approach, what accumulated optical waveguide on the magnetic head is known (Tech-Dig. Optical Datastorage 2000, PD-23 (2000)).

[0005] Drawing 11 shows the conventional optical magnetic head. This optical assistant magnetic head 1 aims at densification to back end side 2a of the surfacing slider 2 by carrying out the laminating of the thin film MAG transducer 4 to order, forming an optical waveguide lens into optical waveguide 5, and making detailed the optical spot in waveguide outgoing radiation edge 5c, optical waveguide 5, and the magnetic-reluctance sensor 3, i.e., the GMR (Giant-magnetoresistive) sensor, which used the magneto-resistive effect for playback. By this method, after heating magnetic-recording layer 6a formed on substrate 6b of a magnetic disk 6 of approaching space light 7a by which outgoing radiation is carried out from outgoing radiation edge 5c of optical waveguide 5, it records by the leakage field of the thin film MAG transducer 4. In addition, 2b is an air bearing side and carries out surfacing transit of the magnetic-recording layer 6a top.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since it is the configuration which has arranged the GMR sensor 3 between optical waveguide 5 and the thin film MAG transducer 4 according to the conventional optical assistant magnetic head Since the location of the magnetic gap of outgoing radiation edge 5c of optical waveguide 5 and the thin film MAG transducer 4 is separated, After heating magnetic-recording layer 6a of a magnetic disk by approaching space light 7a by which outgoing radiation is carried out from outgoing radiation edge 5c of optical waveguide 5, Since it is considerably behind and records by the field of the magnetic gap section of the thin film MAG transducer 4, a heating unit gets cold by thermal diffusion in the meantime, and there is a problem that the use effectiveness of a laser beam worsens.

[0007] Moreover, since a heat gradient also becomes gently-sloping, there is a problem of breadth or a cone in the Records Department. Furthermore, the GMR sensor 3 tends to be heated by the laser beam, the sensibility of the GMR sensor 3 is influenced of heat fluctuation, and there is a problem that instability or the GMR sensor 3 comparatively weak with heat deteriorates [a playback output].

[0008] Moreover, although this optical assistant magnetic head is condensing the ***** (solid immersion) mold with the lens in optical waveguide, it can form an optical spot only with the small part of the refractive index of a core by this condensing approach. However, it is about [of the diameter of an optical spot in atmospheric air] 1/2 at most, even if it uses blue laser (wavelength of 405nm), about 0.2 micrometers is a limitation, and there is a limitation in recording on high density.

[0009] Moreover, in this optical assistant magnetic head, it is not proposed how a laser beam is introduced into optical waveguide. Usually, the coupling effectiveness of laser and optical waveguide has the problem that the whole volume recording density falls, when it is bad, and the height of a head becomes high while a special device is needed since an optical element with big size is needed for raising it. By un-commutative disk like HDD, volume recording density is an important scale and it becomes fatal that this falls.

[0010] Therefore, high density record is possible for the purpose of this invention, and it is to offer the optical assistant magnetic head and the optical assistant magnetic disk drive which raised efficiency for light utilization and dependability.

[0011]

[Means for Solving the Problem] The surfacing slider which carries out surfacing transit by rotation of the disk which has a record medium in order that this invention may attain the above-mentioned purpose, The optical waveguide which is prepared in said surfacing slider and carries out outgoing radiation of the laser beam from semiconductor laser from an outgoing radiation edge, An approaching space light micrifying means to micrify the approaching space light formed in said outgoing radiation edge of said optical waveguide of said laser beam from said semiconductor laser, to carry out outgoing radiation to said record medium, and to heat said record medium, It is prepared in said surfacing slider and the optical assistant magnetic head characterized by having the thin film MAG transducer which records information on the part of said record medium heated by said approaching space light micrifying means is offered. By this configuration, by forming an approaching space light micrifying means in the outgoing radiation edge of optical waveguide, approaching space light can be micrified and the heating field of a record medium becomes small. Since outgoing radiation of the approaching space light is efficiently carried out from the outgoing radiation edge of optical waveguide, it is recordable by low laser beam reinforcement.

[0012] The surfacing slider which carries out surfacing transit by rotation of the disk which has a record medium in order that this invention may attain the above-mentioned purpose, The optical waveguide which is prepared in said surfacing slider, carries out outgoing radiation of the laser beam from semiconductor laser to said record medium from an outgoing radiation edge, and heats said record medium, It is prepared in said surfacing slider and has the thin film MAG transducer which records information on the part of said record medium heated by said laser beam by the field formed in the magnetic gap. Said magnetic gap offers the optical assistant magnetic head characterized by being formed in the laser beam outgoing radiation location of said outgoing radiation edge of said optical waveguide, or its near. By this configuration, the distance of the location of approaching space light and

the field formed of a thin film MAG transducer serves as the shortest. Therefore, since it will be recorded on coincidence or immediately after if heated by approaching space light, the effect of thermal diffusion can be disregarded and can raise the use effectiveness of a laser beam. Moreover, since a heating unit does not spread by thermal diffusion, a record part can be narrowed and densification becomes possible. Furthermore, since heating of a magnetic-reluctance sensor can be reduced, the sensibility of a magnetic-reluctance sensor is not influenced of heat, but an SN ratio is high at high-reliability, and a super-life becomes possible.

[0013] In the optical assistant magnetic disk drive which this invention scans the optical assistant magnetic head by the swing arm to the disk which has a record medium and rotates in order to attain said purpose, and records information The surfacing slider in which said optical assistant magnetic head carries out surfacing transit by rotation of said disk, The optical waveguide which is prepared in said surfacing slider and carries out outgoing radiation of the laser beam from semiconductor laser from an outgoing radiation edge, An approaching space light micrifying means to micrify the approaching space light formed in said outgoing radiation edge of said optical waveguide of said laser beam from said semiconductor laser, to carry out outgoing radiation to said record medium, and to heat said record medium, It is prepared in said surfacing slider and the optical assistant magnetic disk drive characterized by having the thin film MAG transducer which records information on the part of said record medium heated by said approaching space light micrifying means is offered. By this configuration, small, a light weight, and the optical assistant magnetic head that can form a minute light spot can be used, and the optical assistant magnetic disk drive of high density can be offered.

[0014]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 (a) - (d) shows the optical assistant magnetic head concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention. The side elevation and this drawing (d) which looked at the sectional view of an optical assistant magnetic-head longitudinal direction [in / drawing / this / (a) / in a front view and this drawing (b) / the A section] and this drawing (c) from [in this drawing (a)] arrow-head R are a bottom view.

[0015] As shown in this drawing (a), this optical assistant magnetic head 1 accumulates optical waveguide 5, the magnetic-reluctance sensor 3, and the thin film MAG transducer 4 on back end side 2a of the surfacing slider 2, and as shown in this drawing (b), it arranges the metal membrane 11 in which opening 11a of the rectangle which micrifies the size of the approaching space light formed in outgoing radiation edge 5c of optical waveguide 5 was formed. With air bearing side 2b which has crevice 2c of the surfacing slider 2, this optical assistant magnetic head 1 carries out surfacing transit of the magnetic-recording layer 6a top formed on substrate 6b of a magnetic disk 6, and records and reproduces information to magnetic-recording layer 6a. in addition, this specification -- it is, and in the longitudinal direction of the surfacing slider 2, the direction near the surfacing slider 2 is made into the bottom, and the distant one is made into a top.

[0016] As the usual GMR (Giant-magnetoresistive) is used for the magnetic-reluctance sensor 3 here and it shows it in this drawing (b) The electrodes 31a and 31b (however, it sets to this drawing (b) electrode 31a) of a Uichi Hidari pair connected to the spin bulb film 30 and the spin bulb film 30 visible, since it is in electrode 31b and a symmetric position -- **** -- with the insulator layers 32a and 32b formed in the both sides of the spin bulb film 30 and Electrodes 31a and 31b It has the lower magnetic-shielding film 33 and the up magnetic-shielding film 34 which were formed so that insulator layers 32a and 32b might be inserted, and the reinforcement of the field from the spin bulb film 30 and magnetic-recording layer 6a which **** is detected as resistance change of the spin bulb film 30. In addition, the up magnetic-shielding film 34 serves as lower York of the thin film MAG transducer 4.

[0017] The thin film MAG transducer 4 is equipped with up York 40 which consists of up magnetic pole 40a, York section 40b, and up York joint 40c as shown in this drawing (b). By joining lower York joint 34b and up York joint 40c The magnetic circuit 41 which consists of up magnetic-shielding film 34 and up York 40 is constituted, and a magnetic gap 43 is formed for the thin film coil 42 between winding and lower magnetic pole 34a and up magnetic pole 40a so that it may **** with a magnetic circuit 41. In addition, in this drawing (b) and (d), 45a and 45b are insulator layers.

[0018] Drawer section 42a and pad 42b are formed, respectively, a field 44 occurs in a magnetic gap 43 in proportion to the current which flows in the thin film coil 42 supplied from pad 42b, and the both ends of the thin film coil 42 record on magnetic-recording layer 6a by the field 44, as shown in this drawing (c). In addition, in using the ferrimagnetic substance which consists of transition metals and a rare earth metal as a record medium, in order to be able to read with heating, to be able to raise the reinforcement of magnetization and to use the effectiveness of heating by exposure in that case at the time of playback, the magnetic-reluctance sensor 3 is good to form in the backside [the optical assistant magnetic head 1]. Since the signal only from the part in which record layer 6a was heated is reproducible with it, it not only can raise record sensibility, but it can lower the cross talk from the adjoining track at the time of playback.

[0019] (e) shows the detail of optical waveguide 5 from drawing 2 (a). Optical waveguide 5 consists of a dielectric film 50 which consists of SiN, and metal thin films 51a and 51b which consist of Ag by which the dielectric film 50 has been arranged up and down.

[0020] The dielectric film 50 of optical waveguide 5 shown in drawing 2 (a) is formed in parallel by several micron width of face from incidence edge 5a, tapers off from the part equivalent to a magnetic gap 43, has taper section 5b of a configuration, and the metal thin films 51a and 51b also present the same configuration as a dielectric film 50, and it has 30nm width of face at the tip. The thickness of a dielectric film 50 and the metal thin films 51a and 51b is 50nm and 30nm, respectively. Moreover, it is good even if unsymmetrical in the configuration of the up-and-down metal thin films 51a and 51b. Since it has the maximum reinforcement focusing on optical waveguide, excitation of mode (HE₁₁ mode) 7b of a cut-off can be suppressed by this and width of face of the metal thin films 51a and 51b of taper section 5b is further made narrower than the width of face of magnetic poles 34a and 40a, the heating field of magnetic-recording layer 6a by optical waveguide 5 can be made narrower than the width of face of a magnetic gap 43.

[0021] Although conductive high things, such as aluminum besides Ag, have high plasmon excitation efficiency and are desirable here as the quality of the material of the metal thin films 51a and 51b, it is not limited to them and magnetic pole ingredients, such as a permalloy, are also possible. In addition, in this case, it is only a metal membrane for magnetic circuits, and the metal membrane for optical waveguides is made unnecessarily. However, it is necessary to extract the diameter of an optical spot in an outgoing radiation edge by forming a ***** type lens in optical waveguide in this case. Moreover, magnitude of approaching space light can be made still smaller by preparing the gap formed with opening and a slit smaller than the size of approaching space light, metal scatterer, and two or more metal scatterers.

[0022] By this configuration, the laser beam which carried out incidence from incidence edge 5a of optical waveguide 5 spreads the inside of optical waveguide 5, it is condensed by taper section 5b, and outgoing radiation of the approaching space light 7a is carried out from outgoing radiation edge 5c. Under the present circumstances, within optical waveguide 5, as shown in drawing 2 (b), in the boundary section of the metal thin films 51a and 51b and a dielectric film 50, surface plasmon mode (HE mode) 7b which has the maximum reinforcement in an interface is excited. This mode is the mode which does not have a cut-off to the cross-section size of optical waveguide 5, and even if it narrows the width of face and thickness of optical waveguide 5 below on wavelength, it can spread the inside of optical waveguide 5 efficiently.

[0023] In addition, optical waveguide 5 becomes possible [forming a minute spot efficiently] in outgoing radiation edge 5c by forming with a photograph nick crystal.

[0024] The optical waveguide 5 shown in drawing 2 (c) forms metal thin film 51b for optical waveguides only in one side of a dielectric film 50. In this case, approaching space light 7a can be made to approach by the magnetic gap 43. Moreover, as for approaching space light 7a, it is desirable to become the maximum reinforcement by the metal thin film 51b side.

[0025] The optical waveguide 5 shown in drawing 2 (d) bends the laser beam which makes a dielectric film 50 the shape of L character, forms the flat-surface mirror 53 in a corner, and carries out incidence from incidence edge 5a 90 degrees by the flat-surface mirror 53. The laser beam incidence from head 1

side face becomes possible by this, and the height of a head 1 can be made that much small.

[0026] The optical waveguide 5 shown in drawing 2 (e) carries out covering formation of the aspheric surface mirror 54 which has condensing nature instead of the flat-surface mirror 53 shown in drawing 2 (d). Collimated beam 7c from the semiconductor laser which is not illustrated is reflected by the aspheric surface mirror 54, and approaching space light 7a is outputted from a condensing point. Thereby, it can condense without taper section 5b, and it becomes possible to gather efficiency for light utilization.

[0027] However, the diameter of a spot in outgoing radiation edge 5c formed by the above-mentioned method is about [of wavelength] $1/2$ at most, and in order to extract to less than [it], it needs to prepare the opening metallurgy group scatterer of a minute opening and doughnut mold formed with the metal protection-from-light object in the output location of approaching space light.

[0028] (e) shows the example which has arranged the minute metal body which has minute opening and a slit, metal scatterer, and two or more metal scatterers to outgoing radiation edge 5c of optical waveguide 5 from drawing 3 (a).

[0029] Drawing 3 (a) shows the metal membrane 11 in which rectangular opening 11a was formed. A metal membrane 11 can micrify the magnitude of approaching space light by arranging to outgoing radiation edge 5c of optical waveguide 5. In this case, since outgoing radiation light can be increased by carrying out incidence of the laser beam so that the polarization direction 12 of a laser beam may become parallel to a rectangular shorter side and the magnitude of outgoing radiation light can be narrowed sharply, outgoing radiation effectiveness is raised and increase of recording density is attained.

[0030] Drawing 3 (b) allots piece of metal 11b to outgoing radiation edge 5c. Even if it is such a piece of a metal, approaching space light can be formed.

[0031] Drawing 3 (c) makes the raised bottom of the metal membranes 11c and 11c of trapezoidal shape counter, and is allotted. Since the phase of the plasmon excited by each metal membrane 11c and 11c by allotting the polarization direction 12 of the convergence light which irradiates these metal membranes 11c and 11c of two sheets so that the metal membranes 11c and 11c of two sheets may be crossed becomes reverse and both work as a dipole antenna, the generating effectiveness of approaching space can be raised further.

[0032] Although drawing 3 (d) shifts arrangement of the metal membrane of drawing 3 (c) 90 degrees, it does so the same effectiveness as drawing 3 (c).

[0033] Drawing 3 (e) faces in the tips of a major axis, and puts in order the metal membranes 11e and 11e of the ellipse form where a minor axis drops to $1/3$ of a major axis. Also as for the thing of the metal membrane of the ellipse form which drops to $1/3$ of a major axis, a minor axis can raise the effectiveness of plasmon excitation further, and can narrow the width of face of the plasmon to generate further.

[0034] According to the optical assistant magnetic head of the gestalt of this 1st operation, by approaching space light narrower than the width of face of a magnetic gap 43, heating of the minute part of magnetic-recording layer 6a is attained, only the part to which coercive force fell with that heating can be recorded by the leakage field 44 from magnetic poles 34a and 40a, the optical assistant magnetic recording of high density of it becomes possible, and the signal regeneration by the magnetic-reluctance sensor 3 becomes possible. Moreover, since it can record also on the high magnetic-recording film of coercive force as general features of optical assistant magnetic recording and the effect of the demagnetization by the superparamagnetism effectiveness is reduced, the suitable head for the magnetic recording of high density can be offered. Furthermore, an approaching space light micrifying means can be arranged to outgoing radiation edge 5c of optical waveguide 5, the magnitude of outgoing radiation light can be micrified, outgoing radiation effectiveness is raised, and increase of recording density is attained.

[0035] Drawing 4 is drawing showing the optical assistant magnetic head concerning the gestalt of the 2nd operation. In the gestalt of the 1st operation, this optical magnetic head 1 arranges the semiconductor laser which is not illustrated on the surfacing slider 2, and the combination of an optical fiber 9 and the aspheric surface mirror 8 set to condensing field 8a from the glass which carried out

covering formation of the reflective film 8b is used for it as a photoconductive close system to optical waveguide 5. That is, if collimated beam 7c from the semiconductor laser which is not illustrated to core 9a of an optical fiber 9 carries out incidence, 7d of output light of an optical fiber 9 will be condensed to incidence edge 5a of optical waveguide 5 by condensing field 8a of the aspheric surface mirror 8. Thereby, when the optical fiber 9 of a single mode is used, also including clad 9b, a diameter is 100 micrometers, can also process the aspheric surface mirror 8 into size comparable as it, and can be held down to the height of 3 premium extent to height of about 300 micrometers of the surfacing slider 2 by it. In addition, the approaching space light micrifying means is omitted.

[0036] Moreover, the semiconductor laser (not shown) which is the light source for carrying out incidence of the laser beam to an optical fiber 9 is arranged on the surfacing slider 2. Laser beam incidence becomes possible from the side face of the optical assistant magnetic head 1 by this, and size of the optical assistant magnetic head 1 can be made small. In addition, semiconductor laser may be attached on the swing arm for scanning in support of the optical assistant magnetic head 1, or a suspension. The effect which it has on the magnetic-reluctance sensor 3 grade of generation of heat of semiconductor laser can be avoided by this, and high-reliability can be maintained, and weight of a head can be made light, and rapid scanning becomes possible.

[0037] Drawing 5 shows the optical assistant magnetic head concerning the gestalt of operation of the 3rd of this invention. This drawing (a) is drawing showing [a front view and / this] the outgoing radiation side of semiconductor laser (b). This optical assistant magnetic head 1 links semiconductor laser 10 with incidence edge 5a of optical waveguide 5 directly in the configuration shown in drawing 2 (d). Although the size of barrier layer 10a of semiconductor laser 10 is about 2×0.1 micrometers, the size of the oscillation mode in the semiconductor laser 10 interior has spread with diameter extent of 2-3 micrometer. On the other hand, since the size of optical waveguide 5 is 3×0.11 micrometers, it arranges the metal membrane 11 which has opening 11a in the output location of semiconductor laser 10 so that it may be matched. By adjusting the location of a metal membrane 11 so that the phase of the reflected light to the semiconductor laser 10 interior and the oscillation mode inside laser may become in phase by the metal membrane 11, by not doing loss to semiconductor laser 10, and arranging the size of opening 10a with the size (3×0.11 micrometers) of optical waveguide 5, opening 11a suppresses optical loss to the minimum, and becomes possible [carrying out incidence of the laser beam into optical waveguide 5]. The metal membrane 11 which formed minute opening 11a in outgoing radiation edge 5c is arranged. Thus, with constituting, size of the laser beam outputted can be made still smaller, and it is high-density and it becomes possible to record on a record medium.

[0038] According to the optical assistant magnetic head concerning the gestalt of operation of the 3rd of this invention, by narrow approaching space light, heating of the minute part of magnetic-recording layer 6a is attained, only the part to which anti-**** fell by the overheating can be recorded by the leakage field near an up magnetic pole, and the optical assistant magnetic recording of high density of it becomes possible from the width of face of a magnetic gap. Moreover, since it can record also on the high magnetic-recording film of coercive force as a general description of optical assistant magnetic recording and the effect of the demagnetization by the superparamagnetism effectiveness can be decreased, the optical assistant magnetic head suitable for the magnetic recording of high density can be offered.

[0039] Drawing 6 shows the optical assistant magnetic head concerning the gestalt of operation of the 4th of this invention, this drawing (a) is a front view and this drawing (b) is important section detail drawing. This optical assistant magnetic head 1 links semiconductor laser 10 with plane-of-incidence 8c of the aspheric surface mirror 8 directly in the configuration shown in drawing 4. It is reflected by the aspheric surface mirror 8, and the laser beam by which outgoing radiation was carried out from barrier layer 10a of semiconductor laser 10 is led to optical waveguide 5. Sequential formation of the thin film MAG transducer 4 and the magnetic-reluctance sensor 3 is carried out on optical waveguide 5. Moreover, the metal membrane 11 which formed minute opening 11a in outgoing radiation edge 5c of optical waveguide 5 is arranged. Thus, with constituting, size of the laser beam outputted can be made still smaller, and it is high-density and it becomes possible to record on a record medium. Moreover, it is

easy in manufacture and a miniaturization can be attained.

[0040] Drawing 7 shows the optical assistant magnetic head concerning the gestalt of operation of the 5th of this invention, and the end view by the side of a laser beam output screen and this drawing (c) of the sectional view and this drawing (b) showing [this] the principal part of the optical assistant magnetic head (a) are plans. This optical assistant magnetic head 1 has optical waveguide 5 and the thin film MAG transducer 4 accumulated on the front face of optical waveguide 5.

[0041] Optical waveguide 5 consists of the SiO₂ cladding layer 80 formed on the substrate 60, the SiN core layer 81 formed on the SiO₂ cladding layer 80, SiO₂ cladding layer 82 formed so that the SiN core layer 81 might be covered, and a SiO₂ flattening embedding layer 86 formed on it with the gestalt of this operation, for example.

[0042] The magnetic circuit 41 which the thin film MAG transducer 4 consists of a core 24 which consists of soft magnetic materials, such as a permalloy, York 27, and the magnetic pole section 83, and has a magnetic gap 43 at the outgoing radiation edge of optical waveguide 5, The coil 25 (25a, 25b) wound around the core 24 of a magnetic circuit 41, It consists of pads 29 prepared at the tip of the lead wire 28 of the pair which extends from Coils 25a and 25b, respectively, and the lead wire 28 of a pair, respectively, and has the coil section 21 which consists of a Cu thin film arranged on the top face of optical waveguide 5. In addition, the gap section 85 consists of a magnetic gap 43 and a magnetic pole point 84 of a pair.

[0043] Next, an example of the manufacture approach of the optical assistant magnetic head 1 is explained. The insulator layer 87 which consists of SiO₂ grade after forming optical waveguide 5 on a substrate 60 performs flattening, and the thin film MAG transducer 4 is formed after that. That is, lower coil 25a which consists of a Cu thin film according to the usual thin film process is formed with sputtering and lithography, an insulator layer 23 performs flattening embedding further, and the core 24, up coil 25b, and York 27 which consist of a Cu thin film are embedded and formed in an insulator layer 26. Thus, the coil section 21 is completed. Then, the magnetic pole section 83 and a magnetic gap 43 are formed with sputtering and lithography on a waveguide outgoing radiation edge, and the optical assistant magnetic head 1 of the gestalt of this operation is completed. The magnetic pole section 83 is produced so that it may embed at an insulator layer and both front face may turn into the same flat surface.

[0044] Next, actuation of the gestalt of this 5th operation is explained. Since it is possible at the time of record to impress laser beam 10b and a field to the same location of a magnetic-recording medium (not shown), the temperature up of the Records Department of a magnetic-recording medium is carried out by the exposure of a laser beam, the coercive force of the part is lowered, and the so-called optical assistant magnetic recording which records by the modulation field is performed. With the gestalt of this operation, especially the size of laser beam 10b is not restricted. By the exposure of laser beam 10b, a record section comparable as the size of laser beam 10b is heated, and record is made by the field generated from the magnetic pole point 84 located in the heating field. The size of the record section serves as the die length (henceforth "gap width of face") of the magnetic pole point 84, and die-length (henceforth "gap length") extent of a magnetic gap 43. At the time of playback, when a magnetic gap 43 passes through the leakage field top from a magnetic-recording medium, the information recorded on the record medium is reproduced by changing into a current change of magnetic flux which carries out incidence to the magnetic pole section 83 with a coil 25.

[0045] Since it is the configuration which was mentioned above and which has arranged the gap section 85 of the thin film MAG transducer 4 to optical waveguide 5 according to the gestalt of the 5th operation, a very small optical magnetic cell can be offered. Moreover, since the heating temperature up of the magnetic-recording medium is carried out by approaching space light and it is recorded, it can record also by the high medium of coercive force at a room temperature, and the stability of record can be increased. Moreover, since approaching space light can be irradiated at a record mark also at the time of playback, in a room temperature, magnetization is weak and it is also possible to use film, such as TeFeCo which magnetization increases according to a temperature up, and to increase playback sensibility according to a temperature up. In that case, semiconductor laser may be turned on

continuously and the light may be switched on in pulse synchronizing with a record mark location. Since the synchronization is unnecessary, a lighting circuit can be simplified, in the case of the latter, in the case of the former, the energy efficiency of a laser beam can be gathered, and heating of the outgoing radiation section can be prevented. Moreover, since width of face of the magnetic pole section 83 can be made large while being able to shorten the distance from a coil 25 to a magnetic gap 43 less than [about 10 micrometers or it], magnetic reluctance can be lowered. Moreover, since the coil 25 is wound around the core 24 in the shape of a cylinder and coil length can be shortened compared with the case where it winds disc-like, electric resistance can be reduced. Therefore, it becomes recordable [high-speed and high density] by these.

[0046] Drawing 8 shows the outgoing radiation edge of the optical waveguide of the optical assistant magnetic head concerning the gestalt of operation of the 6th of this invention. Although this optical assistant magnetic head 1 can form in the outgoing radiation edge of optical waveguide the protection-from-light object 22 which has opening 90, and can form a magnetic gap 43 on that protection-from-light object 22 and Au can be used for it as an ingredient of the protection-from-light object 22, metallic materials, such as Ag and aluminum, are sufficient as it.

[0047] In addition, the protection-from-light object 22 may form the same flat surface as the magnetic pole section 83 so that nothing and the magnetic pole section 83 may be surrounded. Thereby, since opening and a magnetic gap 43 are formed on the same flat surface, each process tolerance can be raised.

[0048] Drawing 8 (a) - (f) shows the modification of opening 90 and a gap 43. Drawing 8 (a) is the example which formed the size of opening 90 somewhat more greatly than a magnetic gap 43, and opening 90 is mainly widely formed in the record upstream A of a magnetic gap 43. For this reason, since a magnetic-recording medium is heated just before the field in a magnetic gap 43 is impressed and record is made in the place by which the temperature up was carried out while being able to enlarge the output of a laser beam comparatively, heating can be done efficiently.

[0049] Drawing 8 (b) is the example which the raised bottom of trapezoidal shape was made to counter at the tip of ***** 83, and narrowed gap width of face, and, thereby, can make the temperature up section of a magnetic-recording medium narrower than gap width of face. In the magnetic pole point 84, although it is usually difficult for a periphery to stop a recording width by breadth and its leakage field, and for a field to narrow recording track width of face, since a recording width is stopped by the approaching space light decided at intervals of a gap 43, according to this example, it becomes more recordable [high density] by it. Moreover, a gap will be formed in the direction parallel to the recording track of a record medium, and it can record, eliminating the mark recorded previously, and, thereby, high density record is attained. Moreover, if it allots as the gap was rotated 90 degrees, a gap will be formed in the direction perpendicular to the recording track of a record medium, and since a recording width is stopped by the approaching space light decided at intervals of a gap 43, it will become more recordable [high density] by it.

[0050] Drawing 8 (c) is the example in which the minute metal body 91 smaller than the size of opening 90 was formed into opening 90. Thus, by forming opening 90 on the same axle to the minute metal body 91, even when the size of opening 90 is as minute as 1/10 of the wavelength of laser, propagation light can be emitted, and the reinforcement of a laser beam can be increased. Moreover, by the main minute metal body 91, approaching space light can be scattered about, or the approaching space light emitted from the plasmon excited in the minute metal body 91 can be used for the temperature up of a record medium, and it becomes possible to use the laser beam of high intensity further.

[0051] Drawing 8 (d) is the example formed so that phase opposite of the magnetic pole points 84 and 84 of a pair might be carried out, thereby, can process more minutely a magnetic gap 43 and the magnetic pole point 84, and can narrow the field impression range. Opening 90 may be greatly formed so that this magnetic gap 43 may be included, and it may be formed inside a magnetic gap 43. The record range can be further narrowed by these and densification becomes possible.

[0052] Drawing 8 (e) and (f) form opening 90 near one side of the magnetic pole points 84 and 84 of a pair, carry out the heating temperature up only of the magnetic-recording medium of the magnetic pole

point 84 neighborhood, and suppress the temperature rise around magnetic pole point 84 another side as much as possible. The field of the gap perpendicular direction under a magnetic gap 43 (it is perpendicularly to space) serves as max in each magnetic pole point 84, and the direction of a field in each magnetic pole point 84 turns into an opposite direction mutually. Therefore, some record media along which the one direction of that field passes can be heated, the optical assistant magnetic recording of a minute field becomes possible, and densification is further possible with this configuration. With this configuration, since a field uses only the perpendicular part to a record medium, the magnetic pole of the method of a single electrode is formed substantially, it is suitable for especially record of a vertical-magnetic-recording medium, and record of a minute field is enabled in a vertical magnetic recording.

[0053] Since [which was mentioned above] according to the gestalt of the 6th operation the size of laser beam 10b becomes about 90 opening while the same effectiveness as the gestalt of the 5th operation is acquired, -izing of the heating field can be carried out [detailed], and heating of those other than the record part of a record medium can be reduced. Moreover, since it is reflected by the protection-from-light object 22 and the laser beam of parts other than opening 90 contributes to laser except for drawing 8 (b) at return and laser oscillation, efficiency for light utilization can be raised. Moreover, by opening 90 and magnetic gap 43 both superposition, since a record section can be limited, a minute record mark can be formed and densification becomes possible rather than it carries out independently, respectively. Moreover, by opening 90 and magnetic gap 43 both superposition, since only the part in which a vertical field exists is recordable, the optical magnetic head suitable for record of a perpendicular magnetic medium can be constituted.

[0054] The optical assistant magnetic head which starts the gestalt of operation of the 7th of this invention at drawing 9 is shown. The gestalt of this 7th operation has the protection-from-light object 22 which has opening 90 at the outgoing radiation edge of optical waveguide, the magnetic circuit (not shown) which has two magnetic gaps 43a and 43b on the opening 90 of the protection-from-light object 22, and the coil section (not shown) which detects independently change of magnetic flux which carries out incidence to two magnetic gaps 43a and 43b, respectively.

[0055] Drawing 9 (a) has common magnetic pole section 83a located at the core, and individual magnetic pole section 83b located in the both sides, carries out magnetic pole point 84a of a core in common, and forms magnetic pole point 84b in right and left through magnetic gaps 43a and 43b. Although it has two coils of the coil section independently, a core core is connected to common magnetic pole section 83a, and the simplification of structure is made. The laser beam which the protection-from-light object 22 has the single opening 90, and is outputted from the single opening 90 irradiates both magnetic gaps 43a and 43b at coincidence. Since the gap section which can modulate a field independently carries out 2 phase approach by this configuration and it is formed, record and playback can be performed to coincidence to two recording tracks (not shown) which adjoined each other using this component, and the transfer rate of record playback is doubled. In addition, not only two but the thing further increased according to an application is possible for the number of a magnetic gap. Moreover, a magnetic gap may be formed on field luminescence mold semiconductor laser. In addition, the protection-from-light object 22 may serve as an electrode at this time.

[0056] Drawing 9 (b) is the modification of drawing 9 (a), forms two openings 90a and 90b on the diagonal line at the protection-from-light object 22, and arranges magnetic gaps 43a and 43b in the upper part of two openings 90a and 90b. Thereby, the size of Openings 90a and 90b can prescribe a record section, and micrifying of a record section and densification become possible.

[0057] Drawing 9 (c) is still more nearly another modification of drawing 9 (a), it forms two openings 90a and 90b so that the protection-from-light object 22 may be countered, and it arranges magnetic gaps 43a and 43b in the upper part of two openings 90a and 90b by the magnetic pole section 84 according to four individuals. Thereby, the degree of freedom of the configuration of a magnetic circuit can be increased. Moreover, in order to carry out phase opposite and to arrange two cores (not shown), it is the modification for which it is suitable especially when applying to field luminescence mold semiconductor laser.

[0058] Drawing 10 shows the optical-magnetic disc equipment concerning the gestalt of operation of the 8th of this invention. The magnetic disk 101 with which this optical-magnetic disc equipment 100 has the vertical-magnetic-recording layers 103, such as Pt/Cr, Surfacing transit of the motor 102 for rotating a magnetic disk 101 and the vertical-magnetic-recording layer 103 top is carried out. The 1st which performs record and playback in the vertical-magnetic-recording layer 103 thru/or the same optical assistant magnetic head 104 as the gestalt of the 7th operation, The swing arm 105 supporting this optical assistant magnetic head 104, The voice coil motor 106 for scanning a swing arm 105, The digital disposal circuit 107 which processes a record signal at the time of record, modulates the laser beam of the optical assistant magnetic head 104, and reproduces recording information using the signal on the strength [optical] from the optical assistant magnetic head 104 at the time of playback, It has the control circuit 108 which controls a motor 102 and a voice coil motor 106 at the time of record and playback. As the optical assistant magnetic head 104, the thing of the gestalt of the 1st operation can be used, for example.

[0059] Semiconductor laser is arranged on a swing arm 105 or suspenders 109. Moreover, semiconductor laser is optically connected with the optical fiber to which it shows a laser beam. Suspenders 109 have the spring force of giving fixed surfacing height in the self-weight of a head 104, and balance with the surfacing force.

[0060] The approaching space light to which outgoing radiation of the laser beam by which intensity modulation was carried out based on the signal input was carried out from semiconductor laser, and outgoing radiation was carried out from outgoing-radiation edge 5c of optical waveguide 5 in this configuration at the time of record is micrified by the approaching space light micrififying means, carries out incidence to the vertical-magnetic-recording layer 103 arranged directly under the, the record layer 103 heats, and information is recorded by the field 44 which flows between magnetic pole 40a and 34a. Moreover, at the time of playback, the magnetic-reluctance sensor 3 detects the reinforcement of the field from the magnetic-recording layer 103 (refer to drawing 1). Moreover, it is necessary to move onto the recording track (not shown) of pinpointing on the record layer 103, and to carry out the tracking of the light which carried out outgoing radiation from the head 104 at the time of record and playback. The position control by the drive of a voice coil motor 106 performs this. That is, the address information of a magnetic disk 101 is read, and after driving a voice coil motor 106 and moving a head 104 near [predetermined] a truck with the driving signal formed based on the information, a predetermined truck is made to follow minutely by the drive of a voice coil motor 106 and beam-spot scan mold semiconductor laser.

[0061] According to the gestalt of this 8th operation, the optical small and lightweight magnetic head can be used for record and playback of a magnetic disk, and it becomes possible to offer the disk unit in which the optical assistant magnetic recording and playback of high-speed record and playback, high density, especially high volume recording density are possible. In addition, the head itself and since it is small and lightweight, this whole head may be made to drive by the piezoelectric device (not shown), and minute tracking may be carried out.

[0062]

[Effect of the Invention] Since according to this invention approaching space light can be micrified and the heating field of a record medium can be made small by forming an approaching space light micrififying means in the outgoing radiation edge of optical waveguide as explained above, high density record is attained. Moreover, since outgoing radiation of the approaching space light is efficiently carried out from the outgoing radiation edge of optical waveguide and it is recordable by low laser beam reinforcement, efficiency for light utilization and dependability can be raised.

[0063] Moreover, since heating of a magnetic-reluctance sensor can be reduced, the sensibility of a magnetic-reluctance sensor is not influenced of heat, but an SN ratio is high at high-reliability, and a super-life becomes possible.

[0064] Furthermore, since small, a light weight, and the optical assistant magnetic head that can form a minute light spot can be used, the optical assistant magnetic disk drive in which high density record is possible can be obtained.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The sectional view of an optical assistant magnetic-head longitudinal direction [in / about the optical assistant magnetic head concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention / (a) and / in (b) / the A section], the side elevation which looked at (c) from [in (a)] arrow-head R, and (d) are bottom views. [a front view] .

[Drawing 2] (a) - (e) is drawing showing the optical waveguide concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 3] (a) - (e) is drawing showing the outgoing radiation edge of the optical waveguide concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 4] It is drawing showing the optical assistant magnetic head concerning the gestalt of operation of the 2nd of this invention.

[Drawing 5] It is drawing in which (a) shows a front view and (b) shows the outgoing radiation side of semiconductor laser about the optical assistant magnetic head concerning the gestalt of operation of the 3rd of this invention.

[Drawing 6] About the optical assistant magnetic head concerning the gestalt of operation of the 4th of this invention, (a) is a front view and (b) is important section detail drawing.

[Drawing 7] The end view by the side of a laser beam output screen and (c of the sectional view in which (a) shows the principal part of the optical assistant magnetic head about the optical assistant magnetic head concerning the gestalt of operation of the 5th of this invention, and (b)) are plans.

[Drawing 8] (a) - (f) is drawing showing the laser outgoing radiation edge of the optical assistant magnetic head concerning the gestalt of operation of the 6th of this invention.

[Drawing 9] (a), (b), and (c) are drawings showing the laser outgoing radiation edge of the optical assistant magnetic head concerning the gestalt of operation of the 7th of this invention.

[Drawing 10] It is drawing showing the optical-magnetic disc equipment concerning the gestalt of operation of the 8th of this invention.

[Drawing 11] It is drawing showing the conventional optical magnetic head.

[Description of Notations]

- 1 Optical Assistant Magnetic Head
- 2 Surfacing Slider
 - 2a Back end side
 - 2b Air bearing side
 - 2c Crevice
- 3 Magnetic-Reluctance Sensor
- 4 Thin Film MAG Transducer
- 5 Optical Waveguide
 - 5a Incidence edge
 - 5b Taper section
 - 5c Outgoing radiation edge

- 6 Magnetic Disk
- 6a Record layer
- 6b Substrate
- 7a Approaching space light
- 7b Mode
- 7c Collimated beam
- 7d Output light
- 8 Aspheric Surface Mirror
- 8a A condensing field
- 8b Reflective film
- 8c Plane of incidence
- 9 Optical Fiber
- 9a Core
- 9b Clad
- 10 Semiconductor Laser
- 10a Barrier layer
- 10b Laser beam
- 11, 11c, 11e Metal membrane
- 11a Opening
- 11b The piece of a metal
- 12 The Polarization Direction
- 13 Opening
- 14 Minute Metal Body
- 21 Coil Section
- 22 Protection-from-Light Object
- 22 23 Insulator layer
- 24 Core
- 25 Coil
- 25a Lower coil
- 25b Up coil
- 26 Insulator Layer
- 27 York
- 28 Lead Wire
- 29 Pad
- 30 Spin Bulb Film
- 31a, 31b Electrode
- 32a, 32b Insulator layer
- 33 Lower Magnetic-Shielding Film
- 34 Up Magnetic-Shielding Film
- 34a Lower magnetic pole
- 34b Lower York joint
- 40 Up York
- 40a Up magnetic pole
- 40b York section
- 40c Up York joint
- 41 Magnetic Circuit
- 42 Thin Film Coil
- 42a Drawer section
- 42b Pad
- 43, 43a, 43b Magnetic gap
- 44 Field

50 Dielectric Film
51a, 51b Metal thin film
53 Flat-Surface Mirror
54 Aspheric Surface Mirror
60 Substrate
80 Cladding Layer
81 Core Layer
82 Cladding Layer
83 Magnetic Pole Section
83a Common magnetic pole section
83b Individual magnetic pole section
84, 84a, 84b Magnetic pole point
85 Gap Section
86 SiO₂ Flattening Embedding Layer
87 Insulator Layer
90, 90a, 90b Opening
91 Minute Metal Body
100 Optical-magnetic Disc Equipment
101 Magnetic Disk
102 Motor
103 Vertical-Magnetic-Recording Layer
104 Optical Assistant Magnetic Head
105 Swing Arm
106 Voice Coil Motor
107 Digital Disposal Circuit
108 Control Circuit
109 Suspenders

[Translation done.]

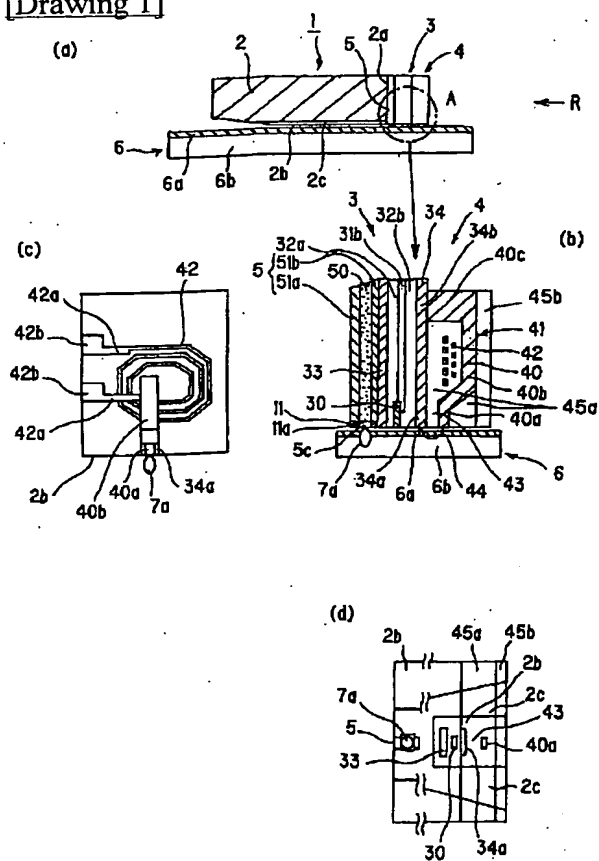
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

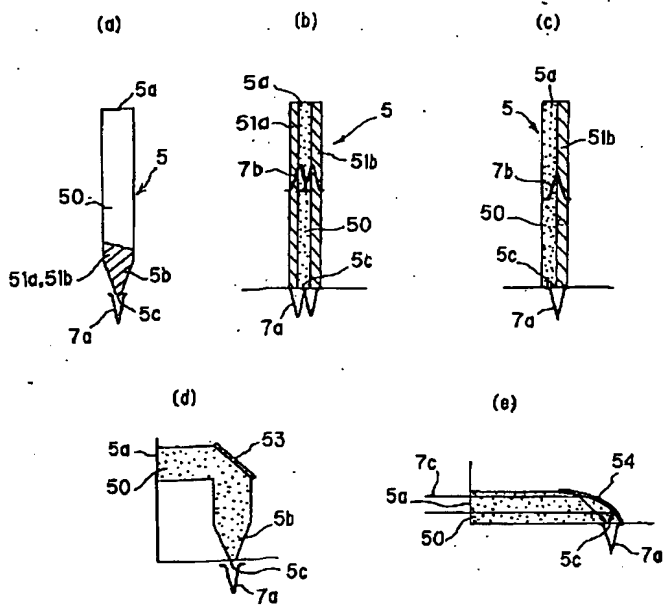
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

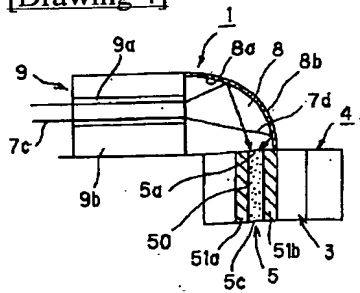
[Drawing 1]



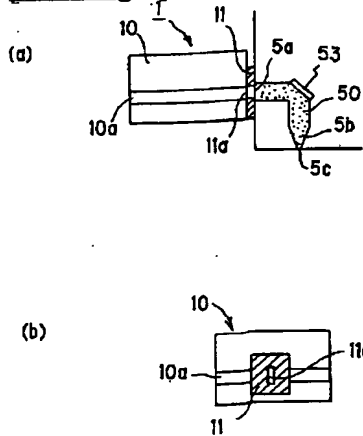
[Drawing 2]



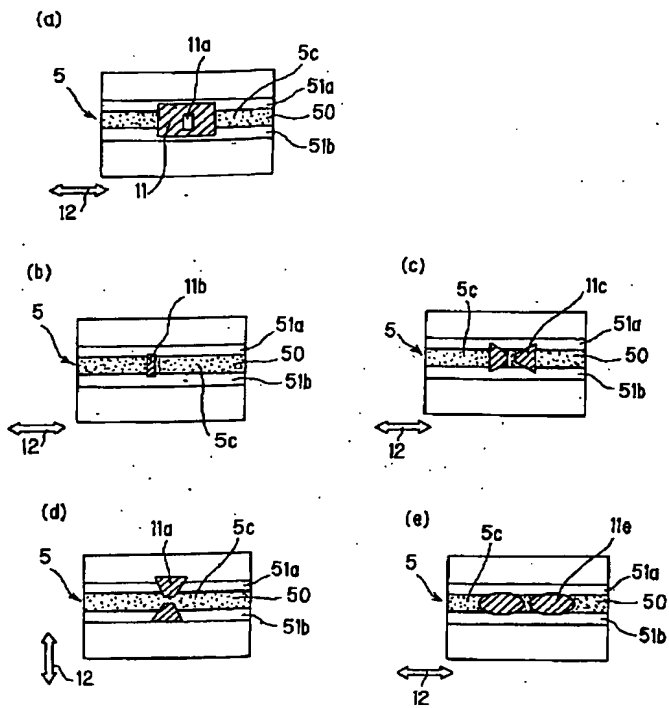
[Drawing 4]



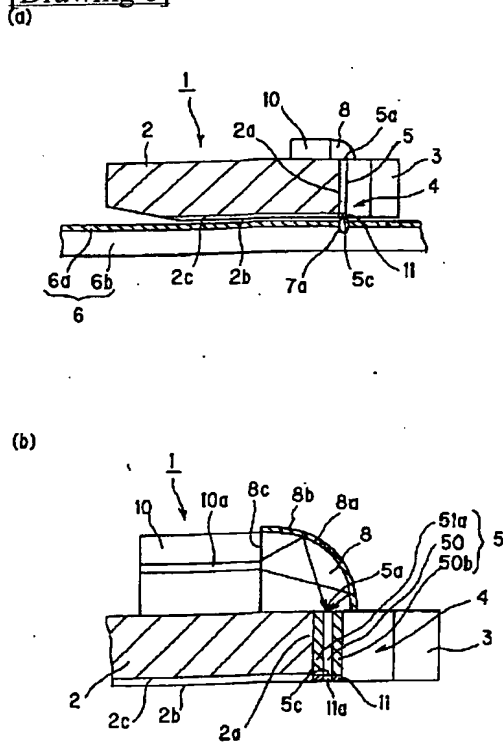
[Drawing 5]



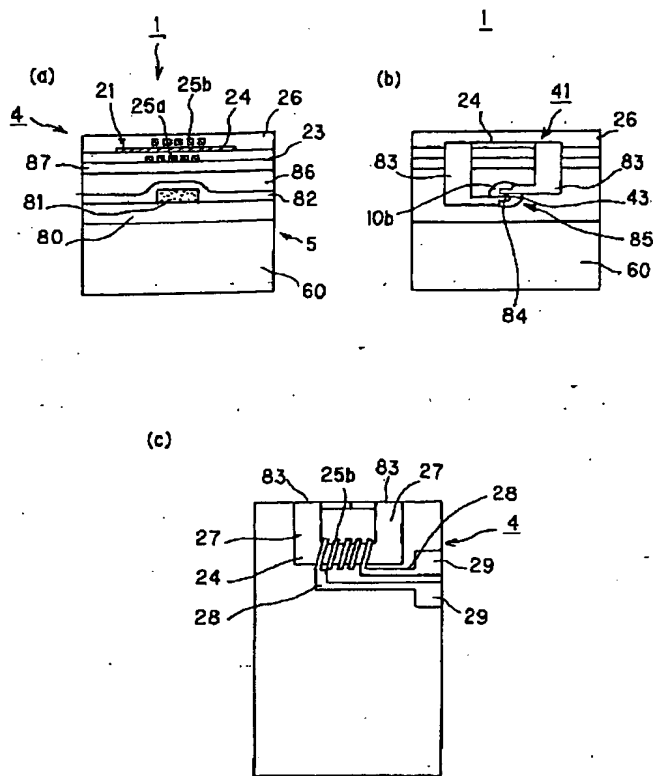
[Drawing 3]



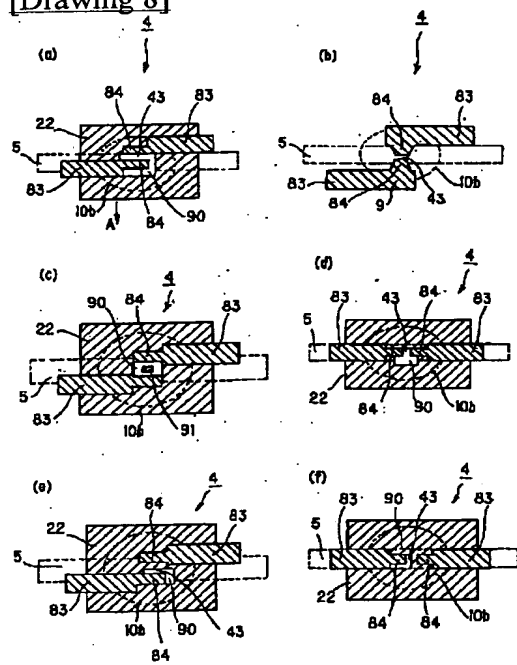
[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Drawing 9]

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-45004
(P2003-45004A)

(43) 公開日 平成15年2月14日 (2003.2.14)

(51) Int.Cl.⁷

G 1 1 B 5/02
11/10

識別記号

5 0 2

F I

G 1 1 B 5/02
11/10

ターミナル* (参考)

S 5 D 0 7 5
5 0 2 Z 5 D 0 9 1

審査請求 未請求 請求項の数33 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-227475(P2001-227475)

(22) 出願日 平成13年7月27日(2001.7.27)

(71) 出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社
東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72) 発明者 上柳 喜一

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン
テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(74) 代理人 100071526

弁理士 平田 忠雄

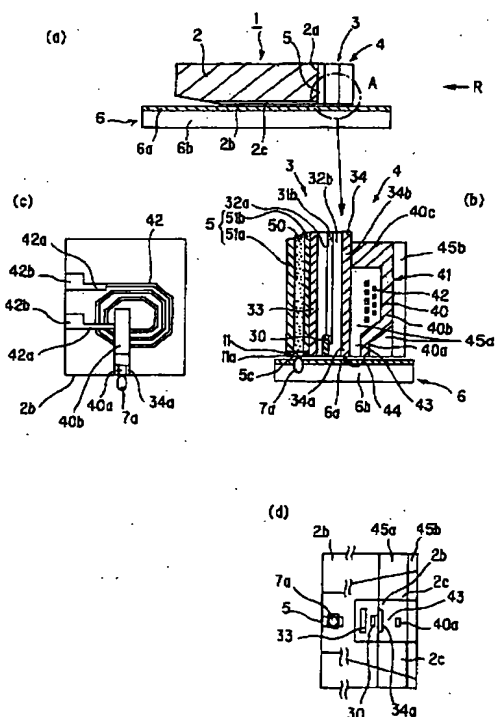
Fターム(参考) 5D075 AA03 CD18 CF03
5D091 AA08 CC24 DD03 HH20

(54) 【発明の名称】 光アシスト磁気ヘッド及び光アシスト磁気ディスク装置

(57) 【要約】

【課題】 高密度記録が可能で、光利用効率および信頼性を向上させた光アシスト磁気ヘッドおよび光アシスト磁気ディスク装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 この光アシスト磁気ヘッド1は、浮上スライダ2の後端面2aに、半導体レーザからのレーザ光を出射する光導波路5と、磁気抵抗センサ3と、薄膜磁気トランスデューサ4とを集積し、光導波路5の出射端5cに近接場光を微小化するための開口11aを有する金属膜11を配置している。微小化された近接場光により、磁気記録層6aの加熱部分の微小化が可能となり、その加熱により抗磁力の低下した部分のみ磁極34a、40aからの漏れ磁界により記録することができ、高密度の光アシスト磁気記録が可能となり、磁気抵抗センサ3による信号再生が可能となる。



(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】記録媒体を有するディスクの回転によって浮上走行する浮上スライダと、
前記浮上スライダに設けられ、半導体レーザからのレーザ光を出射端から出射する光導波路と、
前記半導体レーザからの前記レーザ光により前記光導波路の前記出射端に形成された近接場光を微小化して前記記録媒体に出射し、前記記録媒体を加熱する近接場光微小化手段と、
前記浮上スライダに設けられ、前記近接場光微小化手段によって加熱された前記記録媒体の部分に情報を記録する薄膜磁気トランスデューサとを備えたことを特徴とする光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 2】前記光導波路は、その光路中に集光手段が設けられていることを特徴とする請求項 1 記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 3】前記光導波路は、フォトニック結晶により形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 4】前記光導波路は、前記レーザ光を案内する板状のコアと、前記コアの少なくとも一方の面に形成された金属膜とを備えていることを特徴とする請求項 1 記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 5】前記金属膜は、前記コアの両面に形成された一対の金属膜であり、前記一対の金属膜は、非対称の形状を有することを特徴とする請求項 4 記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 6】前記金属膜は、Ag、Al 等の高い導電性を有する金属により形成したことを特徴とする請求項 4 記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 7】前記金属膜は、前記薄膜磁気トランスデューサの磁気回路の一部を構成することを特徴とする請求項 4 記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 8】前記光導波路は、所定の角度に屈曲した屈曲部を有し、前記屈曲部に設けられ、入射レーザ光を反射して前記出射端から出射させるミラーを備えたことを特徴とする請求項 1 記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 9】前記ミラーは、集光特性を有することを特徴とする請求項 8 記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 10】前記近接場形成手段は、金属膜又は半導体膜で形成された微小開口あるいはドーナツ型の開口を有することを特徴とする請求項 1 記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 11】前記微小開口あるいは前記ドーナツ型の開口は、誘電体により充填されていることを特徴とする請求項 10 記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 12】前記微小開口あるいは前記ドーナツ型の開口は、矩形状に形成されていることを特徴とする請求項 10 記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 13】前記誘電体は、前記光導波路のコア又は

2

クラッドを形成する誘電体から構成されることを特徴とする請求項 11 記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 14】前記近接場形成手段は、金属膜又は半導体膜で形成された 1 個あるいは複数個の微小片を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 15】前記微小片は、前記光導波路の前記出射端の表面に形成されていることを特徴とする請求項 14 記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 16】前記微小片は、前記光導波路の前記出射端に埋め込まれていることを特徴とする請求項 14 記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 17】前記微小片は、矩形状に形成されていることを特徴とする請求項 14 記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 18】前記微小片は、近接して配置された 2 個の微小片から形成され、かつ、前記 2 個の微小片が形成するギャップは、そのギャップに垂直な方向が前記記録媒体の記録トラックに平行となるように形成されたことを特徴とする請求項 14 記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 19】前記微小片は、近接して配置された 2 個の微小片から形成され、かつ、前記 2 個の微小片が形成するギャップは、そのギャップに垂直な方向が前記ディスクの記録媒体の記録トラックに垂直となるように形成されたことを特徴とする請求項 14 記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 20】前記近接して配置された 2 個の微小片は、それぞれギャップ部を頂点とするほぼ三角形に形成されたことを特徴とする請求項 18 記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 21】記録媒体を有するディスクの回転によって浮上走行する浮上スライダと、
前記浮上スライダに設けられ、半導体レーザからのレーザ光を出射端から前記記録媒体に出射して前記記録媒体を加熱する光導波路と、
前記浮上スライダに設けられ、前記レーザ光によって加熱された前記記録媒体の部分に磁気ギャップに形成された磁界によって情報を記録する薄膜磁気トランスデューサとを備え、

前記磁気ギャップは、前記光導波路の前記出射端のレーザ光出射位置あるいはその近傍に形成されていることを特徴とする光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 22】前記磁気ギャップは、近接場光発生用のギャップを兼ねていることを特徴とする請求項 21 記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 23】前記磁気ギャップは、前記記録媒体の記録トラックを横切る方向に形成されていることを特徴とする請求項 21 記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項 24】前記磁気ギャップは、前記記録媒体の記録トラックと平行な方向に形成されていることを特徴と

50

(3)

3

する請求項21記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項25】前記光導波路は、その上に前記薄膜磁気トランスデューサと前記記録媒体の記録信号を検出する磁気抵抗センサとが順次形成されていることを特徴とする請求項21記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項26】前記光導波路は、その上に前記磁気抵抗センサと前記薄膜磁気トランスデューサが順次形成されていることを特徴とする請求項21記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項27】前記半導体レーザは、前記記録媒体に平行にレーザ光を出射するように前記浮上スライダに設けられ、

前記光導波路は、前記半導体レーザからの前記レーザ光を反射させて前記出射端から出射させるミラーを備えたことを特徴とする請求項21記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項28】前記半導体レーザは、前記記録媒体に平行にレーザ光を出射するように前記浮上スライダに設けられ、

前記光導波路は、前記半導体レーザからの前記レーザ光を案内する導光路と、前記導光路と交差するように設けられた光導波路と、前記導光路と前記光導波路の交差部に設けられ、前記導光路によって案内された前記レーザ光を反射して前記出射端から出射させるミラーとを備えたことを特徴とする請求項21記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項29】前記導光路は、光ファイバであることを特徴とする請求項28記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項30】前記半導体レーザは、出射面に微小開口を有する微小金属体供えたことを特徴とする請求項21記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項31】前記磁気ギャップを形成する磁極先端部は、前記半導体レーザからの前記レーザ光により前記光導波路の前記出射端に形成された近接場光を微小化することを特徴とする請求項21記載の光アシスト磁気ヘッド。

【請求項32】記録媒体を有して回転するディスクに対してスイングアームにより光アシスト磁気ヘッドを走査して情報を記録する光アシスト磁気ディスク装置において、

前記光アシスト磁気ヘッドは、前記ディスクの回転によって浮上走行する浮上スライダと、前記浮上スライダに設けられ、半導体レーザからのレーザ光を出射端から出射する光導波路と、前記半導体レーザからの前記レーザ光により前記光導波路の前記出射端に形成された近接場光を微小化して前記記録媒体に出射し、前記記録媒体を加熱する近接場光微小化手段と、前記浮上スライダに設けられ、前記近接場光微小化手段によって加熱された前記記録媒体の部分に情報を記録する薄膜磁気トランスデューサとを備えたことを特徴とする光アシスト磁気ディ

4

スク装置。

【請求項33】前記スイングアームあるいは前記浮上スライダは、前記スイングアームに接続するサスペンダ上に半導体レーザが設けられ、

前記半導体レーザは、光ファイバによって前記光導波路と光学的に接続されていることを特徴とする請求項32記載の光アシスト磁気ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光アシスト磁気ヘッド及び磁気ディスク装置に関し、特に、高密度記録が可能で、光利用効率および信頼性を向上させた光アシスト磁気ヘッド及び磁気ディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ハード磁気記録装置(HDD)の記録密度は年率100%で増大しており、実験段階では、60Gbpsを超えに至っている。しかし、超常磁性効果や、磁気ヘッドのギャップ幅の狭窄の難しさから、そろそろ従来型のHDDの記録密度の限界が見え、100~300Gbpsが限界と言われている。また、その限界を超えるものとして、光アシスト磁気記録が期待されている。

【0003】ここで、超常磁性効果とは、特に隣接磁区の形成する磁界により対象磁区の磁化が乱されて記録情報が失われていく現象である。これを防ぐには、磁化の大きな磁気媒体を使用することが一つの手段であるが、通常の磁気ヘッドでは記録できなくなる。それを解決する手段として、光アシスト磁気記録が提案されている。これは、レーザ光の照射により記録媒体をキュリー温度付近まで加熱してその磁化を下げたところで記録する方法である。

【0004】この光アシスト磁気記録においては、レーザ光によって加熱された所だけが記録されるため、レーザ光のスポット径を小さくすることにより、磁気ギャップの幅よりも狭い幅の記録が可能となるため、高記録密度化に好適である。100Gbps以上の記録密度を達成するためには、トラック幅を0.1μm以下にする必要がある。このサイズの光スポットを得るためには、近接場光の利用が必須となる。この方法を用いた従来の光アシスト磁気記録・再生ヘッドとして、例えば、磁気ヘッドに光導波路を集積したものが知られている(Tech-Dig. Optical Data Storage 2000, PD-23(2000))。

【0005】図11は、その従来の光磁気ヘッドを示す。この光アシスト磁気ヘッド1は、浮上スライダ2の後端面2aに、光導波路5と、再生用に磁気抵抗効果を用いた磁気抵抗センサすなわちGMR(Giant-magnetoresistive)センサ3と、薄膜磁気トランスデューサ4を順に積層したものであり、光導波路5中に光導波路レンズを形成して導波路出射端5cでの光スポットを微細化

(4)

5

することにより高密度化を目指している。この方式では、光導波路 5 の出射端 5 c から出射される近接場光 7 a により磁気ディスク 6 の基板 6 b 上に形成された磁気記録層 6 a を加熱した後、薄膜磁気トランスデューサ 4 の漏れ磁界により記録するものである。なお、2 b は、エアベアリング面であり、磁気記録層 6 a 上を浮上走行する。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の光アシスト磁気ヘッドによると、光導波路 5 と薄膜磁気トランスデューサ 4 との間に GMR センサ 3 を配置した構成であるので、光導波路 5 の出射端 5 c と薄膜磁気トランスデューサ 4 の磁気ギャップの位置が離れているため、光導波路 5 の出射端 5 c から出射される近接場光 7 a により磁気ディスクの磁気記録層 6 a を加熱した後、かなり遅れて薄膜磁気トランスデューサ 4 の磁気ギャップ部の磁界により記録することから、その間の熱拡散により加熱部が冷え、レーザ光の利用効率が悪くなるという問題がある。

【0007】また、熱勾配もなだらかになるため、記録部が広がりやすいという問題がある。さらに、レーザ光によって GMR センサ 3 が加熱されやすく、GMR センサ 3 の感度が熱揺らぎの影響を受け、再生出力が不安定、あるいは比較的熱に弱い GMR センサ 3 が劣化するという問題がある。

【0008】また、この光アシスト磁気ヘッドは、光導波路内のレンズにより固体浸（ソリッドイマージョン）型の集光を行っているが、この集光方法では、コアの屈折率の分だけ小さな光スポットが形成できる。しかし、せいぜい大気中の光スポット径の 2 分の 1 程度であり、青色レーザ（波長 405 nm）を用いても 0.2 μm 程度が限界であり、高密度に記録するには限界がある。

【0009】また、この光アシスト磁気ヘッドでは、光導波路にどのようにレーザ光を導入するかが提案されていない。通常、レーザと光導波路とのカップリング効率は悪く、それを高めるにはサイズの大きな光学素子が必要となるため、特別な工夫が必要となるとともに、ヘッドの高さが高くなると、全体の体積記録密度が低下するという問題がある。HDD のような非可換ディスクでは、体積記録密度は重要な尺度であり、これが低下することは致命的となる。

【0010】従って、本発明の目的は、高密度記録が可能で、光利用効率および信頼性を向上させた光アシスト磁気ヘッドおよび光アシスト磁気ディスク装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために、記録媒体を有するディスクの回転によって浮上走行する浮上スライダと、前記浮上スライダに設けられ、半導体レーザからのレーザ光を出射端から出射

6

する光導波路と、前記半導体レーザからの前記レーザ光により前記光導波路の前記出射端に形成された近接場光を微小化して前記記録媒体に出射し、前記記録媒体を加熱する近接場光微小化手段と、前記浮上スライダに設けられ、前記近接場光微小化手段によって加熱された前記記録媒体の部分に情報を記録する薄膜磁気トランスデューサとを備えたことを特徴とする光アシスト磁気ヘッドを提供する。この構成により、光導波路の出射端に近接場光微小化手段を設けることにより、近接場光を微小化でき、記録媒体の加熱領域が小さくなる。光導波路の出射端から効率良く近接場光が出射されるので、低レーザ光強度で記録できる。

【0012】本発明は、上記目的を達成するために、記録媒体を有するディスクの回転によって浮上走行する浮上スライダと、前記浮上スライダに設けられ、半導体レーザからのレーザ光を出射端から前記記録媒体に出射して前記記録媒体を加熱する光導波路と、前記浮上スライダに設けられ、前記レーザ光によって加熱された前記記録媒体の部分に磁気ギャップに形成された磁界によって情報を記録する薄膜磁気トランスデューサとを備え、前記磁気ギャップは、前記光導波路の前記出射端のレーザ光出射位置あるいはその近傍に形成されていることを特徴とする光アシスト磁気ヘッドを提供する。この構成により、近接場光の位置と薄膜磁気トランスデューサにより形成される磁界との距離は最短となる。そのため、近接場光によって加熱されると同時又は直後に記録されるため、熱拡散の影響は無視でき、レーザ光の利用効率を高めることができる。また、加熱部が熱拡散により広がらないため、記録部分を狭めることができ、高密度化が可能となる。さらに、磁気抵抗センサの加熱を低減できるため、磁気抵抗センサの感度が熱の影響を受けず、高信頼性で SN 比が高く、超寿命が可能となる。

【0013】本発明は、前記目的を達成するために、記録媒体を有して回転するディスクに対してスイングアームにより光アシスト磁気ヘッドを走査して情報を記録する光アシスト磁気ディスク装置において、前記光アシスト磁気ヘッドは、前記ディスクの回転によって浮上走行する浮上スライダと、前記浮上スライダに設けられ、半導体レーザからのレーザ光を出射端から出射する光導波路と、前記半導体レーザからの前記レーザ光により前記光導波路の前記出射端に形成された近接場光を微小化して前記記録媒体に出射し、前記記録媒体を加熱する近接場光微小化手段と、前記浮上スライダに設けられ、前記近接場光微小化手段によって加熱された前記記録媒体の部分に情報を記録する薄膜磁気トランスデューサとを備えたことを特徴とする光アシスト磁気ディスク装置を提供する。この構成により、小型、軽量、かつ、微小光スポットの形成が可能な光アシスト磁気ヘッドが使用でき、高密度の光アシスト磁気ディスク装置を提供することができる。

(5)

7

【0014】

【発明の実施の形態】図1(a)～(d)は、本発明の第1の実施の形態に係る光アシスト磁気ヘッドを示す。同図(a)は、正面図、同図(b)は、A部における光アシスト磁気ヘッド長手方向の断面図、同図(c)は、同図(a)中の矢印R方向から見た側面図、同図(d)は、底面図である。

【0015】この光アシスト磁気ヘッド1は、同図

(a)に示すように、浮上スライダ2の後端面2aに、光導波路5と、磁気抵抗センサ3と、薄膜磁気トランスデューサ4とを集積し、同図(b)に示すように、光導波路5の出射端5cに形成される近接場光のサイズを微小化する矩形の開口11aが形成された金属膜11を配置したものである。この光アシスト磁気ヘッド1は、浮上スライダ2の凹部2cを有するエアベアリング面2bにより、磁気ディスク6の基板6b上に形成された磁気記録層6a上を浮上走行して磁気記録層6aに対して情報を記録・再生するものである。なお、本明細書において、浮上スライダ2の長手方向において浮上スライダ2に近い方を下、遠い方を上とする。

【0016】磁気抵抗センサ3は、ここでは通常のGMR (Giant-magnetoresistive)を用いており、同図

(b)に示すように、スピンバルブ膜30と、スピンバルブ膜30に接続された左右一対の電極31a、31b(ただし、同図(b)において、電極31aは、電極31bと対称な位置にあるため見えていない)と、スピンバルブ膜30および電極31a、31bの両側に形成された絶縁膜32a、32bと、絶縁膜32a、32bを挟むように形成された下部磁気シールド膜33および上部磁気シールド膜34とを備え、スピンバルブ膜30と差交する、磁気記録層6aからの磁界の強度を、スピンバルブ膜30の抵抗変化として検出するものである。なお、上部磁気シールド膜34は、薄膜磁気トランスデューサ4の下部ヨークを兼ねている。

【0017】薄膜磁気トランスデューサ4は、同図

(b)に示すように、上部磁極40a、ヨーク部40b、上部ヨーク接合部40cからなる上部ヨーク40を備え、下部ヨーク接合部34bと上部ヨーク接合部40cとを接合することにより、上部磁気シールド膜34および上部ヨーク40からなる磁気回路41を構成し、磁気回路41と差交するように薄膜コイル42を巻回し、下部磁極34aと上部磁極40aとの間に磁気ギャップ43を形成したものである。なお、同図(b)、(d)において、45a、45bは絶縁膜である。

【0018】薄膜コイル42の両端は、同図(c)に示すように、それぞれ引き出し部42aおよびパッド42bが形成されており、パッド42bから供給された薄膜コイル42に流れる電流に比例して磁気ギャップ43に磁界44が発生し、その磁界44により磁気記録層6aに記録を行う。なお、記録媒体として、遷移金属と希土

8

類金属からなるフェリ磁性体を使用する場合には、加熱によって読み出し磁化の強度を上げることができ、その場合には、再生時に照射による加熱の効果を利用するために、磁気抵抗センサ3は、光アシスト磁気ヘッド1の後側に形成するとよい。それによって、記録層6aの加熱された部分だけからの信号を再生できるため、記録感度を上げられるのみならず、再生時の隣接トラックからのクロストークを下げることができる。

【0019】図2(a)から(e)は、光導波路5の詳細を示す。光導波路5は、SiNからなる誘電体膜50と、誘電体膜50の上下に配置されたAgからなる金属薄膜51a、51bとから構成される。

【0020】図2(a)に示す光導波路5の誘電体膜50は、入射端5aから数ミクロン幅で平行に形成されており、磁気ギャップ43に相当する部位から先細り形状のテーパ部5bを有し、金属薄膜51a、51bも誘電体膜50と同様の形状を呈し、先端で30nm幅を有する。誘電体膜50と金属薄膜51a、51bの厚さは、それぞれ50nm、30nmである。また、上下の金属薄膜51a、51bの形状を非対称にしてもよい。これにより、光導波路中心に最大強度を有し、カットオフのモード(HE₁₁モード)7bの励起を抑えることができ、更にテーパ部5bの金属薄膜51a、51bの幅を磁極34a、40aの幅よりも狭くしているので、光導波路5による磁気記録層6aの加熱領域を磁気ギャップ43の幅よりも狭くすることができる。

【0021】ここで、金属薄膜51a、51bの材質としては、Agのほか、Alなど導電性の高いものが、プラズモン励起効率が高く好ましいが、それらに限定されるものではなく、パーマロイなどの磁極材料も可能である。なお、この場合は、磁気回路用の金属膜のみで、光導波路用の金属膜は不要にできる。ただし、この場合、光導波路内に固体浸型のレンズを形成することにより、出射端での光スポット径を絞る必要がある。また、近接場光のサイズよりも小さな開口やスリット、金属散乱体、複数の金属散乱体で形成したギャップなどを設けることにより、近接場光の大きさを更に小さくすることができる。

【0022】この構成により、光導波路5の入射端5aから入射したレーザ光は、光導波路5内を伝播し、テーパ部5bで集光され、出射端5cから近接場光7aを出射する。この際、光導波路5内では、図2(b)に示すように、金属薄膜51a、51bと誘電体膜50の境界部において、界面に最大強度を有する表面プラズモンモード(HEモード)7bが励起される。このモードは、光導波路5の断面サイズに対してカットオフを持たないモードであり、光導波路5の幅および厚さを波長以下に狭めても光導波路5内を効率よく伝播できる。

【0023】なお、光導波路5は、フォトニック結晶により形成することにより、出射端5cにおいて、効率よ

50

(6)

9

く微小スポットを形成することが可能となる。

【0024】図2(c)に示す光導波路5は、光導波路用の金属薄膜51bを誘電体膜50の片側にのみ形成したものである。この場合、近接場光7aは磁気ギャップ43により接近させることができる。また、近接場光7aは金属薄膜51b側で最大強度となるのが好ましい。

【0025】図2(d)に示す光導波路5は、誘電体膜50をL字状にし、角部に平面ミラー53を形成して入射端5aから入射するレーザ光を平面ミラー53により90度曲げるようにしたものである。これにより、ヘッド1側面からのレーザ光入射が可能となり、ヘッド1の高さをその分小さくすることができる。

【0026】図2(e)に示す光導波路5は、図2

(d)に示す平面ミラー53の代わりに、集光性を有する非球面ミラー54を被着形成したものである。図示しない半導体レーザからの平行ビーム7cは、非球面ミラー54によって反射され、集光点から近接場光7aが出力される。これにより、テーパ部5b無しに集光することができ、光利用効率を上げることが可能となる。

【0027】しかし、上記の方式によって形成される出射端5cでのスポット径は、せいぜい波長の2分の1程度であり、それ以下に絞るには、金属遮光体で形成した微小開口、ドーナツ型の開口や金属散乱体などを近接場光の出力位置に設ける必要がある。

【0028】図3(a)から(e)は、微小開口やスリットを有する微小金属体、金属散乱体、複数の金属散乱体を光導波路5の出射端5cに配置した例を示す。

【0029】図3(a)は、矩形の開口11aが形成された金属膜11を示す。金属膜11は、光導波路5の出射端5cに配置することにより、近接場光の大きさを微小化することができる。この場合、レーザ光の偏光方向12が矩形の短辺に平行となるようにレーザ光を入射することにより、出射光を増大できるので、出射光の大きさを大幅に狭めることができるため、出射効率を高め、記録密度の増大が可能となる。

【0030】図3(b)は、金属片11bを出射端5cに配したものである。このような金属片であっても近接場光を形成することができる。

【0031】図3(c)は、台形状の金属膜11c、11cの上底を対向させて配したものである。この2枚の金属膜11c、11cを照射する収束光の偏光方向12を2枚の金属膜11c、11cを横切るように配することにより、それぞれの金属膜11c、11cで励起されるプラズモンの位相が逆となり、両者がダイポールアンテナとして働くため、更に近接場の発生効率を高めることができる。

【0032】図3(d)は、図3(c)の金属膜の配置を90度ずらしたものであるが、図3(c)と同様の効果を奏する。

【0033】図3(e)は、短径が長径の3分の1とな

10

る楕円形の金属膜11e、11eを長径の先端同士を相対して並べたものである。短径が長径の3分の1となる楕円形の金属膜のものでも、プラズモン励起の効率を更に向上させることができ、発生するプラズモンの幅を更に狭めることができる。

【0034】この第1の実施の形態の光アシスト磁気ヘッドによれば、磁気ギャップ43の幅よりも狭い近接場光により、磁気記録層6aの微小部分の加熱が可能となり、その加熱により抗磁力の低下した部分のみ磁極34a、40aからの漏れ磁界44により記録することができ、高密度の光アシスト磁気記録が可能となり、磁気抵抗センサ3による信号再生が可能となる。また、光アシスト磁気記録の一般的特長として、抗磁力の高い磁気記録膜にも記録することができ、超常磁性効果による消磁の影響を減じられるため、高密度の磁気記録に好適なヘッドを提供することができる。さらに、近接場光微小化手段を光導波路5の出射端5cに配置して出射光の大きさを微小化することができ、出射効率を高め、記録密度の増大が可能となる。

【0035】図4は、第2の実施の形態に係る光アシスト磁気ヘッドを示す図である。この光磁気ヘッド1は、第1の実施の形態において、図示しない半導体レーザを浮上スライダ2上に配置し、光導波路5への光導入系として、光ファイバ9と、集光面8aに反射膜8bを被着形成したガラスからなる非球面ミラー8との組合せを用いたものである。すなわち、光ファイバ9のコア9aに図示しない半導体レーザからの平行ビーム7cが入射すると、光ファイバ9の出力光7dを非球面ミラー8の集光面8aにより光導波路5の入射端5aに集光する。これにより、単一モードの光ファイバ9を使用した場合、直径はクラッド9bも含めて100μmであり、非球面ミラー8もそれと同程度のサイズに加工することが可能であり、それによって浮上スライダ2の高さ約300μmに対して、3割増し程度の高さに抑えることができる。なお、近接場光微小化手段は省略してある。

【0036】また、光ファイバ9にレーザ光を入射するための光源である半導体レーザ(図示せず)は、浮上スライダ2上に配置する。これにより、光アシスト磁気ヘッド1の側面からレーザ光入射が可能となり、光アシスト磁気ヘッド1のサイズを小さくすることができる。なお、半導体レーザは、光アシスト磁気ヘッド1を支持して走査するためのスイングアームあるいはサスペンション上に取り付けてもよい。これにより、半導体レーザの発熱の磁気抵抗センサ3等に与える影響を避けることができ、高信頼性を保つことができ、かつ、ヘッドの重量を軽くでき、高速走査が可能となる。

【0037】図5は、本発明の第3の実施の形態に係る光アシスト磁気ヘッドを示す。同図(a)は、正面図、同図(b)は、半導体レーザの出射面を示す図である。この光アシスト磁気ヘッド1は、図2(d)に示す構成

50

(7)

11

において、半導体レーザ10を光導波路5の入射端5aに直結したものである。半導体レーザ10の活性層10aのサイズは、 $2 \times 0.1 \mu\text{m}$ 程度であるが、半導体レーザ10内部での発振モードのサイズは $2 \sim 3 \mu\text{m}$ 径程度と広がっている。一方、光導波路5のサイズは、 $3 \times 0.11 \mu\text{m}$ であるため、それとマッチするように、半導体レーザ10の出力位置に開口11aを有する金属膜11を配置する。金属膜11により半導体レーザ10内部への反射光とレーザ内部の発振モードの位相が同位相となるように金属膜11の位置を調整することにより、開口11aは、半導体レーザ10に対して損失を与えず、また、開口10aのサイズを光導波路5のサイズ($3 \times 0.11 \mu\text{m}$)に揃えることにより、光損失を最小限に抑えて、レーザ光を光導波路5内に入射させることが可能となる。出射端5cに微小開口11aを形成した金属膜11を配置する。このように構成することで、出力されるレーザ光のサイズをさらに小さくすることができ、高密度で記録媒体に記録することが可能となる。

【0038】本発明の第3の実施の形態に係る光アシスト磁気ヘッドによると、磁気ギャップの幅よりも狭い近接場光により、磁気記録層6aの微小部分の加熱が可能となり、その過熱により抗磁量の低下した部分のみ上部磁極付近の漏れ磁界により記録することができ、高密度の光アシスト磁気記録が可能となる。また、光アシスト磁気記録の一般的特徴として、抗磁力の高い磁気記録膜にも記録することができ、超常磁性効果による消磁の影響を減少することができるため、高密度の磁気記録に適した光アシスト磁気ヘッドを提供することができる。

【0039】図6は、本発明の第4の実施の形態に係る光アシスト磁気ヘッドを示し、同図(a)は正面図、同図(b)は要部詳細図である。この光アシスト磁気ヘッド1は、図4に示す構成において、非球面ミラー8の入射面8cに半導体レーザ10を直結したものである。半導体レーザ10の活性層10aから出射されたレーザ光は、非球面ミラー8で反射され、光導波路5に導かれる。光導波路5の上に薄膜磁気トランスデューサ4と磁気抵抗センサ3が順次形成されている。また、光導波路5の出射端5cに微小開口11aを形成した金属膜11を配置する。このように構成することで、出力されるレーザ光のサイズをさらに小さくすることができ、高密度で記録媒体に記録することが可能となる。また、製造が容易で、小型化が図れる。

【0040】図7は、本発明の第5の実施の形態に係る光アシスト磁気ヘッドを示し、同図(a)は光アシスト磁気ヘッドの主要部を示す断面図、同図(b)はレーザ光出力面側の端面図、同図(c)は上面図である。この光アシスト磁気ヘッド1は、光導波路5と、光導波路5の表面に集積された薄膜磁気トランスデューサ4とを有する。

【0041】光導波路5は、本実施の形態では、例え

12

ば、基板60の上に形成された SiO_2 クラッド層80と、 SiO_2 クラッド層80の上に形成された SiN コア層81と、 SiN コア層81を覆うように形成された SiO_2 クラッド層82と、その上に形成された SiO_2 平坦化埋め込み層86とからなる。

【0042】薄膜磁気トランスデューサ4は、パーマロイ等の軟磁性体からなるコア24、ヨーク27および磁極部83から構成され、光導波路5の出射端に磁気ギャップ43を有する磁気回路41と、磁気回路41のコア24に巻回されたコイル25(25a, 25b)、コイル25a, 25bからそれぞれ延在する一対のリード線28、および一対のリード線28の先端にそれぞれ設けられたパッド29から構成され、光導波路5の上面に配置されたCu薄膜からなるコイル部21とを備える。なお、磁気ギャップ43と一対の磁極先端部84とからギャップ部85を構成する。

【0043】次に、光アシスト磁気ヘッド1の製造方法の一例を説明する。基板60上に光導波路5を形成した後、 SiO_2 等からなる絶縁膜87により平坦化を行い、その後、薄膜磁気トランスデューサ4を形成する。すなわち、通常の薄膜プロセスによりCu薄膜からなる下部コイル25aをスパッタリングおよびリソグラフィにより形成し、さらに絶縁膜23により平坦化埋め込みを行い、Cu薄膜からなるコア24、上部コイル25bおよびヨーク27を絶縁膜26に埋め込んで形成する。このようにしてコイル部21を完成する。その後、導波路出射端上に、磁極部83及び磁気ギャップ43をスパッタリングおよびリソグラフィにより形成し、本実施の形態の光アシスト磁気ヘッド1を完成する。磁極部83は、絶縁膜に埋め込んで両者の表面が同一平面となるように作製する。

【0044】次に、この第5の実施の形態の動作を説明する。記録時は、レーザ光10bと磁界を磁気記録媒体(図示せず)の同一場所に印加することが可能であるので、レーザ光の照射によって磁気記録媒体の記録部を昇温してその部分の保磁力を下げ、変調磁界により記録を行う、いわゆる光アシスト磁気記録を行う。本実施の形態では、レーザ光10bのサイズは特に制限されていない。レーザ光10bの照射により、レーザ光10bのサイズと同程度の記録領域が加熱され、その加熱領域内に位置する磁極先端部84から発生する磁界により記録がなされる。その記録領域のサイズは、磁極先端部84の長さ(以下「ギャップ幅」という。)と磁気ギャップ43の長さ(以下「ギャップ長」という。)程度となる。再生時は、磁気記録媒体からの漏れ磁界上を磁気ギャップ43が通過する時に磁極部83に入射する磁束の変化をコイル25により電流に変換することにより、記録媒体に記録された情報を再生する。

【0045】上述した第5の実施の形態によれば、光導波路5に薄膜磁気トランスデューサ4のギャップ部85

(8)

13

を配置した構成であるので、非常に小型な光磁気素子を提供できる。また、磁気記録媒体を近接場光により加熱昇温して記録するため、室温で保磁力の高い媒体でも記録でき、記録の安定性を増すことができる。また、再生時にも近接場光を記録マークに照射できるため、室温において磁化が弱く、昇温によって磁化が増加するT e F e C o等の膜を使用して、昇温により再生感度を増大させることも可能である。その場合には、半導体レーザを連続的に点灯してもよく、また、記録マーク位置に同期してパルス的に点灯してもよい。前者の場合には、同期が不要なため、点灯回路を単純化でき、後者の場合には、レーザ光のエネルギー効率を上げることができ、出射部の加熱を防ぐことができる。また、コイル25から磁気ギャップ43までの距離を10 μ m程度あるいはそれ以下に短縮できるとともに、磁極部83の幅を広くすることができるので、磁気抵抗を下げるることができる。また、コイル25はコア24に円筒状に巻回しているため、円盤状に巻回する場合に比べてコイル長を短くできるので、電気抵抗を減らすことができる。従って、これらにより高速度・高密度の記録が可能となる。

【0046】図8は、本発明の第6の実施の形態に係る光アシスト磁気ヘッドの光導波路の出射端を示す。この光アシスト磁気ヘッド1は、光導波路の出射端に開口90を有する遮光体22を形成し、その遮光体22の上に磁気ギャップ43を形成したものであり、遮光体22の材料としては、Auを用いることができるが、AgやAl等の金属材料でもよい。

【0047】なお、遮光体22は、磁極部83と同一平面をなし、磁極部83を囲むように形成してもよい。これにより、開口と磁気ギャップ43とが同一平面上に形成されるため、それぞれの加工精度を上げることができる。

【0048】図8(a)～(f)は、開口90とギャップ43の変形例を示す。図8(a)は、開口90のサイズを磁気ギャップ43よりも一回り大きく形成した例であり、開口90は、主に磁気ギャップ43の記録上流側Aに広く形成されている。このため、レーザ光の出力を比較的大きくできるとともに、磁気ギャップ43での磁界が印加される直前に磁気記録媒体を加熱し、昇温されたところで記録がなされるため、効率良く加熱ができる。

【0049】図8(b)は、極磁部83の先端に台形状の上底を対向させギャップ幅を狭くした例であり、これにより、磁気記録媒体の昇温部をギャップ幅よりも狭くできる。磁極先端部84では、通常周辺部に磁界が広がり、その漏れ磁界により、記録幅が抑えられ、記録トラック幅を狭くすることが難しいが、この例によれば、ギャップ43の間隔で決まる近接場光により、記録幅が抑えられるため、より高密度の記録が可能となる。また、記録媒体の記録トラックと平行な方向にギャップを形成

14

することとなり、先に記録したマークを消去しながら記録をすることができ、これにより高密度記録が可能になる。また、ギャップを90度回転したように配すると、記録媒体の記録トラックと垂直な方向にギャップを形成することになり、ギャップ43の間隔で決まる近接場光により、記録幅が抑えられるため、より高密度の記録が可能となる。

【0050】図8(c)は、開口90の中に開口90のサイズよりも小さな微小金属体91を形成した例である。このように開口90を微小金属体91に対し同軸上に形成することにより、開口90のサイズがレーザの波長の1/10と微小な場合でも伝播光を放出でき、レーザ光の強度を増すことができる。また、中心の微小金属体91により、近接場光を散乱したり、微小金属体91において励起されるプラズモンから放射される近接場光を記録媒体の昇温に利用することができ、さらに高強度のレーザ光を使用することが可能となる。

【0051】図8(d)は、一对の磁極先端部84、84を相対向するように形成した例であり、これにより、磁気ギャップ43及び磁極先端部84をより微細に加工でき、磁界印加範囲を狭めることができる。開口90は、この磁気ギャップ43を含むように大きく形成してもよく、また磁気ギャップ43の内側に形成してもよい。これらによりさらに記録範囲を狭めることができ、高密度化が可能となる。

【0052】図8(e)、(f)は、一对の磁極先端部84、84の一方の近傍に開口90を設け、その磁極先端部84付近の磁気記録媒体のみを加熱昇温し、他方の磁極先端部84周辺の温度上昇をできるだけ抑えるものである。磁気ギャップ43下のギャップ垂直方向(紙面に垂直方向)の磁界は、それぞれの磁極先端部84において最大となり、それぞれの磁極先端部84での磁界方向は互いに反対方向となる。従って、この構成により、その磁界の一方向が通る記録媒体の一部のみを加熱することができ、微小領域の光アシスト磁気記録が可能となり、さらに高密度化ができる。この構成では、磁界が記録媒体に対しての垂直部分のみを使用するため、実質的に単極方の磁極が形成され、特に垂直磁気記録媒体の記録に適し、垂直磁気記録において微小領域の記録を可能とする。

【0053】上述した第6の実施の形態によれば、第5の実施の形態と同様の効果が得られるとともに、レーザ光10bのサイズが開口90程度となるため、加熱領域を微細化でき、記録媒体の記録部分以外の加熱を低減することができる。また、図8(b)を除いて開口90以外の部分のレーザ光は遮光体22により反射されてレーザに戻り、レーザ発振に寄与するため、光利用効率を高めることができる。また、開口90と磁気ギャップ43両者の重ね合わせにより、記録領域を限定できるため、それぞれ単独で行うよりも微小な記録マークが形成でき、

(9)

15

高密度化が可能となる。また、開口90と磁気ギャップ43両者の重ね合わせにより、垂直方向の磁界が存在する部分のみを記録できるため、垂直磁気媒体の記録に適した光磁気ヘッドが構成できる。

【0054】図9に、本発明の第7の実施の形態に係る光アシスト磁気ヘッドを示す。この第7の実施の形態は、光導波路の出射端に開口90を有する遮光体22と、遮光体22の開口90上に2つの磁気ギャップ43a、43bを有する磁気回路（図示せず）と、2つの磁気ギャップ43a、43bに入射する磁束の変化をそれぞれ独立して検出するコイル部（図示せず）とを有する。

【0055】図9（a）は、中心に位置する共通磁極部83aと、その両側に位置する個別磁極部83bとを有し、中心の磁極先端部84aを共通にして、左右に磁気ギャップ43a、43bを介して磁極先端部84bを形成したものである。コイル部のコイルは独立して2個有するが、コア中心部は共通磁極部83aに接続され、構造の簡素化がなされている。遮光体22は、単一の開口90を有し、単一の開口90から出力されるレーザ光は、両方の磁気ギャップ43a、43bを同時に照射する。この構成により、独立に磁界を変調できるギャップ部が2つ相接近して形成されるため、この素子を用いて、相隣接した2つの記録トラック（図示せず）に対し同時に記録・再生を行うことができ、記録再生の転送レートを2倍にできる。なお、磁気ギャップの個数は2つに限らず、さらに用途に応じて増加することが可能である。また、磁気ギャップは、面発光型半導体レーザ上に形成してもよい。なお、このとき、遮光体22は電極を兼ねてもよい。

【0056】図9（b）は、図9（a）の変形例であり、遮光体22に対角線上に2つの開口90a、90bを形成し、2つの開口90a、90bの上部に磁気ギャップ43a、43bを配置したものである。これにより、記録領域を開口90a、90bのサイズで規定でき、記録領域の微小化、高密度化が可能となる。

【0057】図9（c）は、図9（a）のさらに別の変形例であり、遮光体22に対向するように2つの開口90a、90bを形成し、4つの個別の磁極部84によって2つの開口90a、90bの上部に磁気ギャップ43a、43bを配置したものである。これにより、磁気回路の構成の自由度を増すことができる。また、2つのコア（図示せず）を相対向して配置するため、面発光型半導体レーザに適用する場合に特に適する変形例である。

【0058】図10は、本発明の第8の実施の形態に係る光磁気ディスク装置を示す。この光磁気ディスク装置100は、Pt/Cr等の垂直磁気記録層103を有する磁気ディスク101と、磁気ディスク101を回転するためのモータ102と、垂直磁気記録層103上を浮上走行して、垂直磁気記録層103に記録・再生を行う

16

第1乃至第7の実施の形態と同様の光アシスト磁気ヘッド104と、この光アシスト磁気ヘッド104を支えるスイングアーム105と、スイングアーム105を走査するためのボイスコイルモータ106と、記録時には記録信号を処理し、光アシスト磁気ヘッド104のレーザ光を変調し、再生時には光アシスト磁気ヘッド104からの光強度信号を用いて記録情報を再生する信号処理回路107と、記録・再生時にモータ102やボイスコイルモータ106を制御する制御回路108とを備える。光アシスト磁気ヘッド104としては、例えば、第1の実施の形態のものを用いることができる。

【0059】半導体レーザは、スイングアーム105あるいはサスペンダ109上に配置されている。また、半導体レーザは、レーザ光を案内する光ファイバと光学的に接続されている。サスペンダ109は、ヘッド104の自重、浮上力とのバランスで一定の浮上高さを与えるばね力を有する。

【0060】この構成において、記録時には、信号入力に基づいて強度変調されたレーザ光が半導体レーザから出射され、光導波路5の出射端5cから出射された近接場光は近接場光微小化手段によって微小化され、その直下に配置された垂直磁気記録層103に入射して、記録層103を加熱し、磁極40a、34a間に流れる磁界44によって情報が記録される。また、再生時には、磁気記録層103からの磁界の強度を磁気抵抗センサ3によって検出する（図1参照）。また、記録・再生時には、ヘッド104から出射した光を記録層103上の特定の記録トラック（図示せず）上に移動し、かつ、トラッキングさせる必要がある。これは、ボイスコイルモータ106の駆動による位置制御により行う。すなわち、磁気ディスク101のアドレス情報を読み取り、その情報に基づいて形成した駆動信号により、ボイスコイルモータ106を駆動してヘッド104を所定のトラック付近に移動させた後、ボイスコイルモータ106とビームスポット走査型半導体レーザの駆動により、精細に所定のトラックを追従させる。

【0061】この第8の実施の形態によれば、小型・軽量の光磁気ヘッドを磁気ディスクの記録・再生に使用することができ、高速記録・再生、高密度、特に高体積記録密度の光アシスト磁気記録・再生が可能なディスク装置を提供することが可能となる。なお、ヘッド自体、小型・軽量であるため、このヘッド全体を圧電素子（図示せず）により、駆動させて精細なトラッキングをさせてもよい。

【0062】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、光導波路の出射端に近接場光微小化手段を設けることにより、近接場光を微小化でき、記録媒体の加熱領域を小さくできるので、高密度記録が可能となる。また、光導波路の出射端から効率良く近接場光が出射されることか

(10)

17

ら、低レーザ光強度で記録できるので、光利用効率および信頼性を向上させることができる。

【0063】また、磁気抵抗センサの加熱を低減できるため、磁気抵抗センサの感度が熱の影響を受けず、高信頼性でSN比が高く、超寿命が可能となる。

【0064】更に、小型、軽量、かつ、微小光スポットの形成が可能な光アシスト磁気ヘッドが使用できるので、高密度記録が可能な光アシスト磁気ディスク装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る光アシスト磁気ヘッドに関し、(a)は正面図、(b)はA部における光アシスト磁気ヘッド長手方向の断面図、(c)は(a)中の矢印R方向から見た側面図、(d)は底面図である。。

【図2】(a)～(e)は、本発明の第1の実施の形態に係る光導波路を示す図である。

【図3】(a)～(e)は、本発明の第1の実施の形態に係る光導波路の出射端を示す図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態に係る光アシスト磁気ヘッドを示す図である。

【図5】本発明の第3の実施の形態に係る光アシスト磁気ヘッドに関し、(a)は正面図、(b)は半導体レーザの出射面を示す図である。

【図6】本発明の第4の実施の形態に係る光アシスト磁気ヘッドに関し、(a)は正面図、(b)は要部詳細図である。

【図7】本発明の第5の実施の形態に係る光アシスト磁気ヘッドに関し、(a)は光アシスト磁気ヘッドの主要部を示す断面図、(b)はレーザ光出力面側の端面図、(c)は上面図である。

【図8】(a)～(f)は、本発明の第6の実施の形態に係る光アシスト磁気ヘッドのレーザ出射端を示す図である。

【図9】(a)、(b)、(c)は、本発明の第7の実施の形態に係る光アシスト磁気ヘッドのレーザ出射端を示す図である。

【図10】本発明の第8の実施の形態に係る光磁気ディスク装置を示す図である。

【図11】従来の光磁気ヘッドを示す図である。

【符号の説明】

- 1 光アシスト磁気ヘッド
- 2 浮上スライダ
- 2 a 後端面
- 2 b エアベアリング面
- 2 c 凹部
- 3 磁気抵抗センサ
- 4 薄膜磁気トランスデューサ
- 5 光導波路
- 5 a 入射端

18

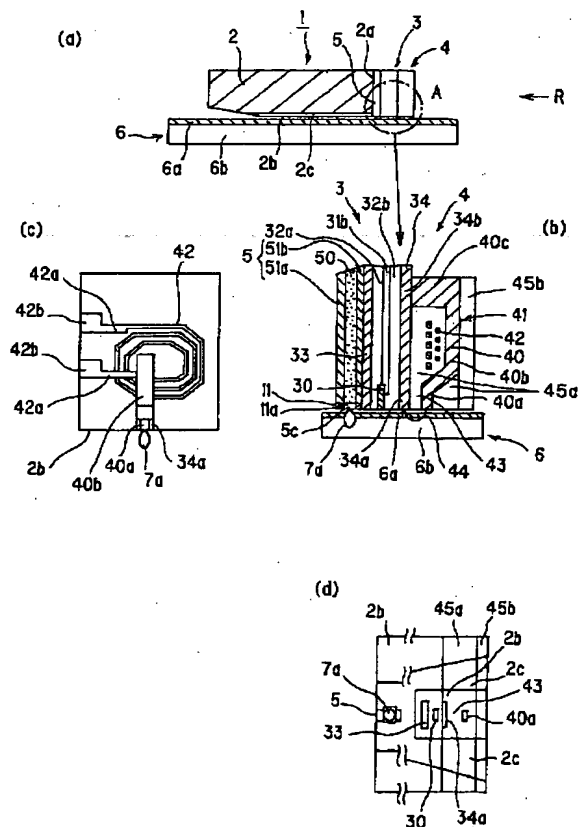
- 5 b テーパー部
- 5 c 出射端
- 6 磁気ディスク
- 6 a 記録層
- 6 b 基板
- 7 a 近接場光
- 7 b モード
- 7 c 平行ビーム
- 7 d 出力光
- 10 8 非球面ミラー
- 8 a 集光面
- 8 b 反射膜
- 8 c 入射面
- 9 光ファイバ
- 9 a コア
- 9 b クラッド
- 10 半導体レーザ
- 10 a 活性層
- 10 b レーザ光
- 20 11, 11 c, 11 e 金属膜
- 11 a 開口
- 11 b 金属片
- 12 偏光方向
- 13 開口
- 14 微小金属体
- 21 コイル部
- 22 遮光体
- 22, 23 絶縁膜
- 24 コア
- 30 25 コイル
- 25 a 下部コイル
- 25 b 上部コイル
- 26 絶縁膜
- 27 ヨーク
- 28 リード線
- 29 パッド
- 30 スピンバルブ膜
- 31 a, 31 b 電極
- 32 a, 32 b 絶縁膜
- 40 33 下部磁気シールド膜
- 34 上部磁気シールド膜
- 34 a 下部磁極
- 34 b 下部ヨーク接合部
- 40 上部ヨーク
- 40 a 上部磁極
- 40 b ヨーク部
- 40 c 上部ヨーク接合部
- 41 磁気回路
- 42 薄膜コイル
- 50 42 a 引き出し部

(11)

19

- 42b パッド
 43, 43a, 43b 磁気ギャップ
 44 磁界
 50 誘電体膜
 51a, 51b 金属薄膜
 53 平面ミラー
 54 非球面ミラー
 60 基板
 80 クラッド層
 81 コア層
 82 クラッド層
 83 磁極部
 83a 共通磁極部
 83b 個別磁極部
 84, 84a, 84b 磁極先端部

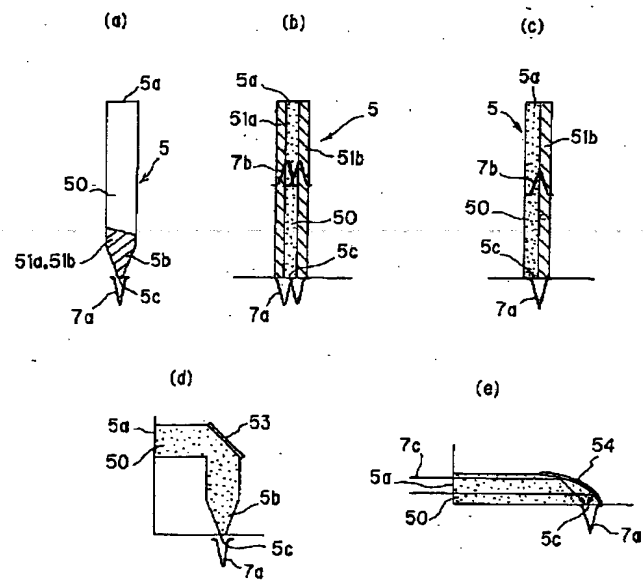
【図1】



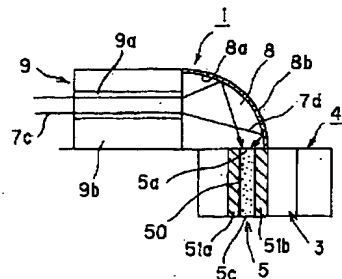
20

- 85 ギャップ部
 86 SiO₂平坦化埋め込み層
 87 絶縁膜
 90, 90a, 90b 開口
 91 微小金属体
 100 光磁気ディスク装置
 101 磁気ディスク
 102 モータ
 103 垂直磁気記録層
 104 光アシスト磁気ヘッド
 105 スイングアーム
 106 ボイスコイルモータ
 107 信号処理回路
 108 制御回路
 109 サスペンダ

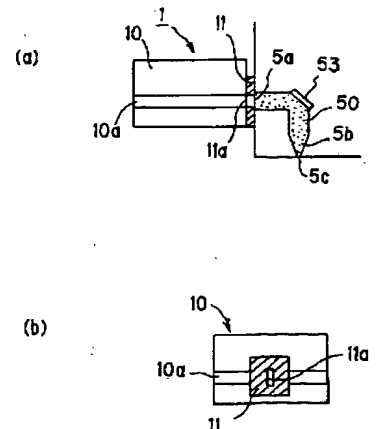
【図2】



【図4】

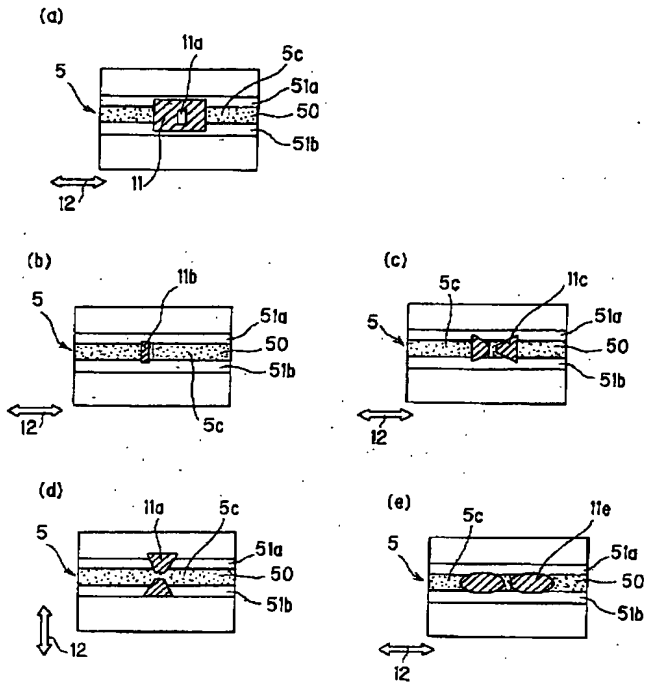


【図5】

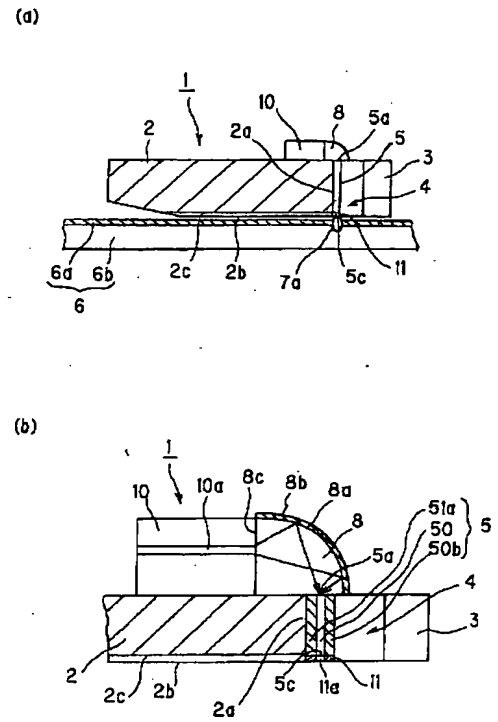


(12)

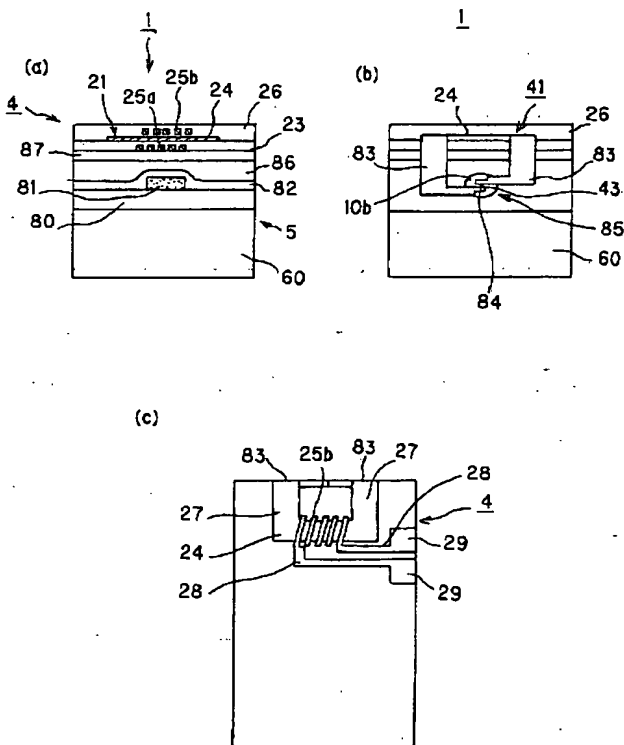
【図3】



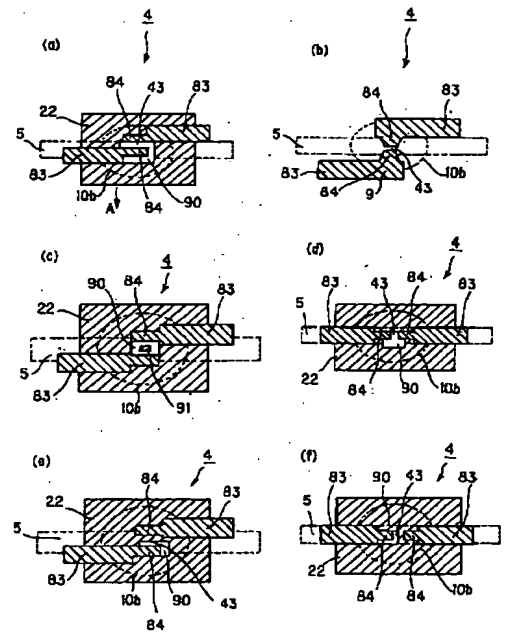
【図6】



【図7】

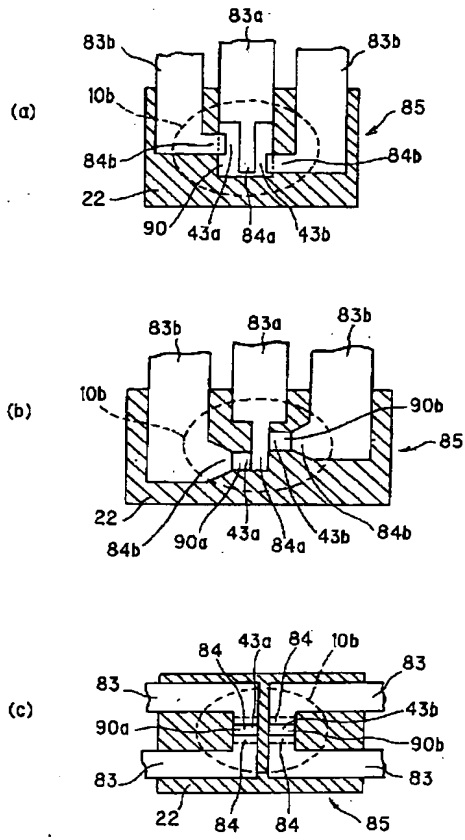


【図8】

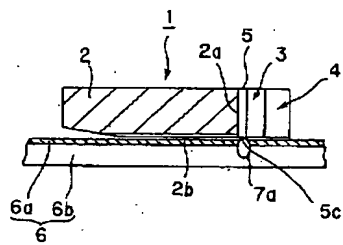


(13)

【図9】



【図11】



【図10】

